FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE RENNES

Année 1960 N° 100

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ETAT

PAR

LE BOULCH Jean
né le 28 janvier 1924 à BREST (Finistère)

Présentée et soutenue publiquement le
8 février 1960

LES FACTEURS DE LA VALEUR MOTRICE

ANALYSE EXPÉRIMENTALE de CERTAINS de ces FACTEURS

Interprétation d'un point de vue physiologique

Président . . . . . Monsieur le Professeur PATAY

Membres du Jury . . Monsieur le Professeur GINESTE
Monsieur le Professeur GUELFI
Monsieur le Professeur VIVIEN

1960

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE RENNES

Année 1960 N° 100

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ETAT

PAR

LE BOULCH Jean
né le 28 janvier 1924 à BREST (Finistère)

Présentée et soutenue publiquement le
8 février 1960

LES FACTEURS DE LA VALEUR MOTRICE

ANALYSE EXPÉRIMENTALE de CERTAINS de ces FACTEURS

Interprétation d'un point de vue physiologique

Président . . . . . Monsieur le Professeur PATAY

Membres du Jury . . Monsieur le Professeur GINESTE
Monsieur le Professeur GUELFI
Monsieur le Professeur VIVIEN

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE RENNES

Professeurs

MM.	LAMACHE, Doyen de la Faculté	Clinique Médicale
	CORMIER, Assesseur du Doyen.	Matière Médicale
	ARDOUIN	Clinique Ophtalmologique
	BAUDET	Clinique Obstétricale
	BOUREL	Clinique Médicale
	BOURGUET	Clinique Oto-Rhino-Laryngologique
	CHAUVEL	Chimie Analytique
Mme	CHEVREL	Anatomie Pathologique
	COUTEL	Bactériologie & Hygiène
	GINESTE	Histologie & Embryologie
	GREGOIRE	Pharmacie Galénique
	GUELFI	Physique
	GUIHENEUC	Clinique Chirurgicale
	HUARD	Anatomie
	LE GAC	Chimie Médicale
	LEROY	Clinique des Maladies Infectieuses
	MARUELLE	Pathologie Chirurgicale
	PATAY	Physiologie
	PELLE Abel	Clinique Chirurgicale
	SAMBRON	Pathologie Interne & Générale
	TIOLLAIS	Chimie Pharmaceutique
	VIVIEN	Thérapeutique

Maîtres de Conférences-Agrégés et Agrégés

MM.	DOBY	Zoologie et Parasitologie
	DUHAMEL	Chirurgie Générale
	LANCHOU	Anatomie
	LE GUYON	Bactériologie
	PAULET	Physiologie
	PECKER	Neuro-Chirurgie
	SABOURAUD	Médecine
	SOURNIA	Chirurgie Générale
	TOULOUSE	Obstétrique

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549206_0004

A mes Parents,

A ma Femme,

A mes Enfants.

A ma Grand'Mère,

A Monsieur le Professeur PATAY,

Professeur de Physiologie
à la Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie
de Rennes,

Chevalier de la Légion d'Honneur,
Croix de Guerre,
Médaille Militaire,

qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse et qui nous a aidé dans cette tâche par ses précieux conseils.

Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre gratitude et de notre reconnaissance pour l'enseignement qu'il nous prodigue.

A Monsieur le Professeur GINESTE,

Professeur d'Histologie et d'Embryologie

A Monsieur le Professeur GUELFI,

Professeur de Physique

A Monsieur le Professeur VIVIEN,

Professeur de Thérapeutique

Croix de Guerre 1939-1945

qui auront à juger cette Thèse.

Qu'ils soient remerciés ici pour l'enseignement qu'ils nous ont prodigué et l'aide qu'ils nous ont apportée dans nos études.

A Monsieur le Professeur LEROY,

Professeur de Clinique des Maladies Infectieuses

Chevalier Légion d'Honneur

qui nous a toujours réservé dans son service de rééducation psycho-motrice un accueil bienveillant et qui nous a fait comprendre l'IMPORTANCE DE L'UTILISATION DU MOUVEMENT VOLONTAIRE dans la rééducation psycho-motrice.

Au Docteur DAVOST

Secrétaire général de l'Institut
d'Université du Centre d'Etude
Psycho-Technique

qui nous a accueilli au Centre Psycho-Technique de Rennes et nous a permis d'utiliser l'appareillage qui nous était nécessaire.

A Monsieur le Directeur du C.R.E.P.S.
de Dinard

et

A ceux de mes collégues du C.R.E.P.S
qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

A mes Amis

Professeurs d'Education Physique - Médecins,

tous préoccupés par les recherches médico-pédagogiques.

A tous mes collègues Professeurs d'Education Physique

qui travaillent pour la cause de l'Education Physique.

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE RENNES

Année 1960 N° 100

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ETAT

PAR

LE BOULCH Jean
né le 28 janvier 1924 à BREST (Finistère)

Présentée et soutenue publiquement le
8 février 1960

LES FACTEURS DE LA VALEUR MOTRICE

ANALYSE EXPÉRIMENTALE de CERTAINS de ces FACTEURS

Interprétation d'un point de vue physiologique

Président . . . . . Monsieur le Professeur PATAY

Membres du Jury . . Monsieur le Professeur GINESTE
Monsieur le Professeur GUELFI
Monsieur le Professeur VIVIEN

INTRODUCTION

Malgré les efforts de nombreux éducateurs de valeur, la pédagogie de l'éducation physique reste encore de nos jours empirique. Les tentatives d'unification des méthodes et de systématisation reposent avant tout sur des intuitions, et les méthodes de démonstration usitées dans les disciplines scientifiques sont trop souvent ignorées de ceux qui se penchent sur les problèmes de l'éducation physique. Certes d'éminents physiologistes et psycho-physiologistes se sont intéressés à l'effort sportif qui leur a servi de champ d'expérimentation, mais leur objet n'était pas d'aboutir à des conclusions dans le domaine de la pédagogie du mouvement.

Il pouvait donc être intéressant qu'un professeur d'éducation physique, soucieux d'asseoir cette discipline sur des bases expérmentales, tente, à la lumière de ses connaissances en physiologie et en psychologie expérimentale, d'aborder le problème de l'éducation motrice dans le but d'aboutir à des applications pratiques.

C'est donc dans un esprit pragmatique que nous avons abordé ce problème. Nous nous sommes défié des objectifs trop généraux que l'on assigne à l'éducation physique et qui ne lui sont en rien spécifiques. Nous avons au contraire fait un effort pour délimiter le problème et nous avons admis que le but à atteindre par l'éducation physique était avant toute autre chose le **développement de la valeur motrice,** ce qui n'exclue nullement des buts annexes non spécifiques à cette discipline (formation du caractère, éducation morale, etc...).

*
**

Nous avons adopté le terme de valeur motrice plutôt que celui de valeur physique plus fréquemment utilisé. C'est que nous avons l'intention d'envisager l'acte moteur non seulement dans son aspect effecteur ou somato-organique, mais également dans son aspect perceptif. Nous sommes en effet convaincu que l'élément effecteur de la conduite motrice ne peut être analysé si on ne se préoccupe pas de la façon dont ont été appréhendés et organisés les « signaux » qui lui ont donné connaissance. Nous déborderons donc le domaine physiologique pour faire une étude psycho-physiologique de l'acte moteur. Loin d'être limitatif, le terme moteur substitué au terme physique étend considérablement le problème.

Notre première tâche sera de faire un inventaire des **facteurs de la valeur motrice,** pour cela nous nous appuierons sur les travaux qui ont traité de la question. Nous parlerons de facteurs et non pas d'**aptitudes motrices** car dans la terminologie française, l'utilisation du terme aptitude implique une position innéiste, peut-être justifiée, mais qu'il n'est pas scientifique d'adopter d'emblée sans preuves expérimentales suffisantes. En utilisant le terme facteur issu des méthodes d'analyse factorielle, nous resterons au contact des faits expérimentaux ou d'observation ; le facteur nous permet de nous référer à certaines performances réalisées.

⁂

Ce bilan étant dressé, il nous faudra trouver des instruments de mesure afin de raisonner sur des données numériques. Nous choisirons pour cela un certain nombre d'épreuves simples ou épreuves tests nous permettant d'étudier de façon expérimentale deux des facteurs dénombrés : le facteur vitesse et le facteur force musculaire ; une étude exhaustive de l'ensemble des facteurs ne pouvant être envisagée dans le cadre de ce travail.

Sur les bases de cette étude nous tenterons de nous échapper du verbalisme en esquissant une traduction des faits mis en évidence, en un langage physiologique, nous inspirant pour cela des données actuelles de la physiologie musculaire et nerveuse.

⁂

Nos conclusions suggéreront la façon d'utiliser et de généraliser les faits que nous pensons avoir mis en évidence.

PREMIERE PARTIE

Dénombrement et Classification des Facteurs de la Valeur Motrice

CHAPITRE PREMIER

Les Différents Moyens d'Appréciation de la Valeur Motrice

Les moyens d'évaluation et d'appréciation de la valeur motrice et psychomotrice de l'homme sont très nombreux.

I — LES MESURES BIOMETRIQUES

Ces mesures biométriques portent sur la taille, le poids, les périmètres thoraciques, le périmètre abdominal, la capacité vitale, etc...

A partir de ces différentes mesures de nombreux auteurs ont tenté de dégager des indices de « robusticité » ;

soit en comparant taille et poids = indice TARTIERE ou représentation graphique du poids en fonction de la taille ;

soit en comparant taille - poids - périmètre thoracique :

Indice PIGNET,
Indice de RUFFIER,
Indice de ROBY ;

soit en comparant Capacité vitale - poids - taille :

Indice de SPEHL,
Formule de FOURNIE.

Ces différents coefficients et indices de robusticité, basés sur les mensurations permettent certes de déceler les sujets très disproportionnés ou très déficients, mais dans les limites de la normalité leur valeur indicative est limitée.

Les données de la biométrie, fondamentales pour suivre la croissance de l'enfant, intéressantes pour déceler des insuffisances respiratoires ou insuffisances de développement ne peuvent lorsqu'elles sont utilisées seules permettre de tirer des conclusions sur la valeur physique ou la robusticité des sujets normaux.

La Robusticité d'un sujet normal ne peut être appréciée que par des épreuves fonctionnelles :

— cardio vasculaires et respiratoires,

— motrices,

et le résultat de ces épreuves ne peut prétendre atteindre à la généralisation : un tel robuste pour des travaux musculaires de force, pourra être inapte à effectuer une course prolongée.

II — LES METHODES TYPOLOGIQUES : ANTHROPOMETRIE, MORPHOLOGIE

Les différentes typologies visent à décrire des « constitutions », ce mot impliquant que le sujet forme un tout morphologique, psychologique et même pathologique. Dans le domaine qui nous intéresse, le postulat formulé est, **qu'à partir de l'observation morphologique et de la mesure anthopométrique l'on doit pouvoir déduire les capacités fonctionnelles.** Dans ces méthodes typologiques on peut distinguer deux tendances.

1°) LA TENDANCE SUBJECTIVE DE L'ECOLE FRANÇAISE DE MORPHOLOGIE PRESENTEE PAR SIGAUD ET MAC AULIFFE

Cette école adopte une classification clinique qui fait une place prépondérante à l'observation. La classification des sujets se fonde sur trois séries de variations qui portent sur :

les **proportions** des différents segments organo-fonctionnels du corps ;

la **silhouette** générale du tronc et de la face ;

le **modelé** de ses surfaces.

En fonction de la prédominance organo-fonctionnelle ces auteurs ont décrit quatre types fondamentaux :

digestif - respiratoire - musculaire - cérébral

Ces types se complètent par l'étude de la silhouette permettant de définir un **type rond** et un **type plat,** et par l'étude du modèle qui peut être **uniforme, ondulé** ou **bossué.**

Le docteur THOORIS s'inspirant de R. BARON professeur de zootechnie à l'école d'Alfort a proposé une interprétation un peu différente des types de SIGAUD, utilisable dans le domaine de l'orientation sportive. THOORIS distingue deux formes d'athètes : **le rond cubique musculaire** et le **plat bossué respiratoire.** Le premier type est riche en sprinters et haltérophiles, le second type en coureurs de demi-fond. Mais THOORIS insiste sur une chose pour lui essentielle, c'est la notion de **prédominance des trains inférieurs pelviens ou supérieurs thoraciques.** Cette prédominance se manifeste par le volume, le modelé et la répartition des masses musculaires, l'ensemble déterminant des « vocations athlétiques particulières » (1).

2°) LA TENDANCE OBJECTIVE DE L'ECOLE ANTHROPOMETRIQUE ITALIENNE REPRESENTEE PAR VIOLA.

En utilisant les mesures anthropométriques et différents indices du tronc et des membres, VIOLA définit un **normotype parfait** réalité exceptionnelle dont s'éloignent les autres constitutions. L'une d'entre elles se caractérise par la pré-

dominance du volume du tronc sur la longueur des membres c'est **le brachytype,** l'autre type est **le longitype microsplanchique** dont la longueur des membres **surpasse le volume du tronc.**

Cette méthode a le mérite de la précision et de l'objectivité, mais les formes s'estompent devant les nombres.

3°) LES CLASSIFICATIONS ACTUELLES ESSAIENT DE CONCILIER CES DEUX TENDANCES PAR L'UTILISATION DE MESURES, COMPLETEES PAR UNE APPRECIATION PLUS OBJECTIVE.

Nous ne citerons que la classification contemporaine de **SHELDON** (2). Cet auteur fait remarquer que l'examen des sujets permet exceptionnellement de découvrir des types accusés tels qu'ils sont décrits par les typologistes ; la plupart des sujets sont des mélanges de types. La conclusion qui s'impose selon SHELDON c'est qu'une classification typologique doit éviter une distinction des sujets en types tranchés, mais chaque sujet doit être considéré comme un complexe dans lequel entrent en proportions variables différentes composantes.

Les composantes proposées par SHELDON sont relatives au développement prépondérant de certains tissus et organes. C'est ainsi qu'il distingue :

une composante endomorphe correspondant au développement viscéral,

une composante mésomorphe correspondant au développement des tissus dérivés du mésoderme (conjonstif, os, muscles),

une composante ectomorphe correspondant au développement des tissus dérivés de l'ectoderme (syst. nerveux).

En utilisant un système de mensurations sur photographie SHELDON chiffre de 1 à 7 la part que prend chaque composante dans la constitution morphologique de ses sujets. La substitution du concept d'une série continue, au concept de type a donc entraîné la découverte d'une échelle capable de rendre compte des constitutions physiques sous forme d'une distribution à trois variables indépendantes. Sur les 343 combinaisons possibles statistiquement SHELDON n'en a rencontré que 76.

La critique de SHELDON sur les classifications antérieures, permet de mieux comprendre l'échec des tentatives des typologistes pour diagnostiquer les capacités fonctionnelles à partir de la morphologie. La classification de SHELDON est une base solide pour une étude scientifique des rapports entre les **composantes individuelles de la morphologie** et les capacités motrices qui en découlent.

III — LES EPREUVES DE CONTROLE MEDICO PHYSIOLOGIQUES

Elles ont surtout un objectif d'orientation et de sélection, visant plus à prévoir l'évolution des capacités motrices qu'à en faire une estimation précise.

Ces épreuves sont nombreuses :

1) **EPREUVES CARDIO-VASCULAIRES D'APTITUDE GENERALE A L'EFFORT :**

a) **Les épreuves classiques de** MARTINET,
RUFFIER,
LIAN.

A ces épreuves utilisées depuis longtemps s'ajoutent actuellement

b) **Les tests utilisés initialement dans l'armée américaine** et qui ont été expérimentés en France d'une part à l'Institut National des Sports, d'autre part dans les écoles militaires. Il s'agit :

— du test d'Apnée - résistance de FLACK dit des « 40 millimètres de mercure ».

— du step - test.

2) **LES EXAMENS RADIOLOGIQUES CARDIAQUES ET ELECTRO-CARDIOGRAPHIQUES.**

3) **LES EPREUVES FONCTIONNELLES RESPIRATOIRES.**

a) **Spirographiques** — Epreuve de ventilation minute (V.M.).
Epreuve de ventilation maxima minute (V.M.M.).
L'épreuve de TIFFENEAU de Capacité pulmonaire pulmonaire utilisable à l'effort (C.P.V.T.).

b) **Oxymétriques** — Tendant à mesurer les variations du taux de Hb02 pendant et après l'effort.

Ces épreuves complétant le simple examen clinique de santé sont fondamentales dans la pratique médico-sportive pour dépister et éliminer les sujets inaptes à des efforts physiques intenses. Lorsqu'elles sont répétées périodiquement, permettent de comparer les réactions des sujets à différents moments et de diagnostiquer éventuellement un état de fatigue qui peut ne pas être ressenti subjectivement par le sujet. Mais l'interprétation de ces épreuves devient plus difficile lorsqu'elles visent à diagnostiquer les possibilités motrices maxima des sujets.

Notons qu'une monographie récente de l'Institut National des sports fait une intéressante mise au point sur l'utilisation de ces différentes épreuves pour le contrôle de l'entraînement sportif (3).

IV — LES METHODES CLINIQUES D'APPRECIATION DES CAPACITES MOTRICES

sont fréquemment utilisées en neurologie et en psychiâtrie. Citons :

1) **La méthode de cotation de la force musculaire** dont la technique a été bien codifiée depuis quelques années. Elle permet de faire des « bilans muscu-

laires » précis chez des sujets paralysés, particulièrement chez les poliomyélitiques. La valeur fonctionnelle du muscle est cotée de 0 à 5 suivant le schéma suivant :

0 — pas de contraction,
1 — contraction perceptible sans effet cinétique,
2 — Effets cinétiques possibles en éliminant l'action de la pesanteur.
3 — Effets cinétiques possibles contre la pesanteur.
4 — Effets cinétiques possibles contre résistance.
5 — Muscle normal.

Il est évident que cette méthode vise uniquement à séparer le normal du pathologique elle ne peut donc servir à tester la force musculaire des sujets sains.

2) L'appréciation clinique de la raideur ou de la souplesse articulaire.

3) **L'appréciation du degré de tonicité musculaire**
— par les mouvements passifs,
— par les épreuves de mouvements successifs rapides (marionnettes, etc...),
— par le myotonomètre de FLEISCH et GRANDJEAN.

4) **L'échelle métrique de la motricité d'OZERETZKI** qui permet de mesurer le degré de retard moteur des enfants. C'est dans le domaine de la motricité le parallèle de l'échelle BINET - SIMON pour l'intelligence.

Cependant l'échelle métrique n'est pas applicable pour apprécier des différences individuelles entre sujets normaux.

V — LES METHODES PSYCHOTECHNIQUES

utilisées particulièrement en vue de l'orientation professionnelle se proposent, étant données « les aptitudes » d'un sujet, de rechercher la profession qui lui convient le mieux. A cet égard la détermination de la valeur motrice et psychomotrice prend une grande importance. Cette valeur purement motrice ou psychomotrice est appréciée grâce à des batteries de tests extrêmement nombreuses. L'étude analytique des tests composant ces batteries permet de les classer en :

Tests de force musculaire utilisant les différents types de dynamomètres ou dynamographes ; ils permettent d'apprécier le déploiement d'un effort brusque ou soutenu.

Tests de résistance permettant d'apprécier la durée d'un effort ou le nombre de répétitions possibles d'un type d'effort : L'ergographe de MOSSO.
Le dynamographe de HENRY sont d'utilisation courante.

Tests de rapidité appréciant soit les vitesses de réaction : mesure des temps de réaction au chronoscope ; soit la vitesse dans les mouvements successifs : tapping, pointillage.

Tests de précision ou « de parfaite coordination opticomotrice ». — Citons parmi ces tests :

— le traçage qui consiste à tirer à l'aide d'un stylet mécanique une ligne droite dans une rainure sans en toucher les bords ;

— les tests de découpage (utilisés dans la batterie de WALTHER) ;

— le test du tourneur.

(Remarquons que certains tests font appel à la fois à la précision et la rapidité).

De nombreux **tests de dextérité** parmi lesquels 2 tests figurant dans la batterie de WALTHER :

— le test d'enfilage de perles (30 perles à enfiler par séries de 4 dans l'aiguille) ;

— le test de manipulation à la pince (30 billes métalliques à saisir et à introduire dans un flacon).

Les psychotechniciens ont donc à leur disposition toute une gamme de tests permettant d'apprécier certains aspects de la valeur physique et ils essaient d'en tirer des déductions en matière d'orientation professionnelle.

Ces méthodes rationnelles ne pourraient que gagner à avoir leur validité confirmée par leur **mise en corrélation avec les résultats obtenus dans le domaine des performances sportives qui est un autre moyen d'évaluation de la valeur motrice.**

Un des moyens d'étude utilisé dans ce travail consiste précisément à confronter les résultats des épreuves sportives avec les résultats de quelques tests utilisés en psycho-technique.

VI — LES EPREUVES COTEES UTILISEES EN EDUCATION PHYSIQUE ET DANS LE DOMAINE SPORTIF

Nous allons examiner cette méthode de façon plus complète car nous pensons qu'une utilisation rationnelle de ces épreuves complétées par la confrontation avec les épreuves déjà énumérées est riche de possibilités.

CHAPITRE II

L'Appréciation de la Valeur Physique par les épreuves athlétiques cotées

Nous utilisons ici le terme valeur physique parce que c'est cette expression qui est traditionnellement employée par les auteurs.

I — HISTORIQUE

Depuis longtemps les techniciens de l'éducation physique se sont proposés de faire un bilan de la valeur physique des individus en se basant sur des épreuves cotées et de plus en plus sur des performances sportives athlétiques.

1 - **AMOROS** le premier en établissant une « feuille physiologique » se préoccupe d'apprécier chez ses élèves :

— la vélocité
— la force
— l'adresse
— l'agilité
— l'industrie
— la résistance
— le courage

Il faut remarquer que toutes les fiches actuelles s'inspirent du modèle d'AMOROS et ne constituent pas un progrès notable par rapport à celui-ci.

2 - **DEMENY** qui s'est toujours efforcé de se placer sur le plan expérimental ne disposait pas des moyens techniques suffisants pour explorer le domaine des qualités motrices. Il a cependant fait une expérimentation sur la vitesse d'un geste (Evolution de l'éducation physique - L'Ecole Française). Sa conclusion était que la durée d'exécution d'un geste est surtout due à la durée de l'acte mental, **la durée d'exécution purement musculaire diffère peu d'un sujet à l'autre.**

3 - **Georges HEBERT** a tenté de définir ce qu'il appelle « la vraie force » (4) et qui se caractérise par un ensemble de qualités qu'il énumère et tente d'analyser.

— Résistance foncière.
— Vitesse de déplacement et d'intervention.
— L'adresse d'exécution.
— Les qualités dites « viriles » (de caractère et ténacité).
— La « rusticité » (3) et (4).

A partir de cette analyse faite en 1909 il établit un certain nombre de tables de cotations destinées à mesurer le plus fidèlement possible les aptitudes des sujets. En 1911 l'ensemble de ces moyens de mesure et de contrôle est groupé dans un « Code de la Force » (5).

La valeur des sujets est appréciée en chiffres dans douze épreuves, plus un parcours. L'ensemble des résultats obtenus est censé traduire les qualités physiques bases de la « vraie force ».

Les douze épreuves sont les suivantes :
— 3 épreuves de course : vitesse, demi-fond, fond.
— 4 épreuves de saut : hauteur et longueur avec et sans élan.
— 1 épreuve de grimper.
— 1 épreuve de lever.
— 1 épreuve de lancer.
— 2 épreuves de natation.

Pour chacune de ces épreuves une note 0 correspond au développement minimum acceptable, qu'HEBERT appelle limite minimum de « débrouillage ». Des notes négatives sont attribuées aux sujets insuffisants, les notes 1 et 2 correspondent aux performances moyennes, 3 et 4 aux performances supérieures, 5 à 10 aux performances athlétiques.

4 - Le coefficient V.A.R.F. du docteur BELLIN du COTEAU (6).

Le docteur BELLIN du COTEAU admet que « la valeur ou la non valeur d'un individu est en définitive réglée par quatre facteurs ». Ces facteurs sont :
— la vitesse,
— l'adresse,
— la Résistance,
— la Force.

L'ensemble de ces facteurs peut se traduire par le coefficient V.A.R.F. Cet auteur tente de définir chacun de ces termes mais plus qu'une définition il nous en donne une description qui ne nous satisfait pas toujours pleinement. Le coefficient V.A.R.F. posé, BELLIN du COTEAU s'adresse pour l'obtenir à un certain nombre d'épreuves :

La vitesse sera appréciée par une course à pied car dit l'auteur « l'homme pédestrement vite est également vite des segments supérieurs ».

L'Adresse sera appréciée par un exercice de précision : soit un lancer sur cible, soit par une épreuve d'équilibre.

La Force sera appréciée par deux épreuves : une épreuve de traction et une épreuve de lancer de poids.

La résistance sera notée par une épreuve de course de 200 à 1500 m.

Il s'agit donc là d'un essai intéressant pour tenter d'apprécier pour chaque sujet le coefficient VARF à partir d'épreuves traditionnellement utilisées en éducation physique et en sport. Mais cette tentative reste dans la voie tracée par HEBERT.

5 - **Le docteur THOORIS dans son ouvrage « La vie par le stade »** a étudié ce coefficient et a proposé de souligner les particularités individuelles en utilisant une majuscule pour désigner la qualité principale du sujet et des minuscules pour les qualités secondaires. Le symbole devient ainsi plus suggestif.

II — ACTUELLEMENT OU EN EST CETTE QUESTION DE L'APPRECIATION DE LA VALEUR PHYSIQUE PAR LES EPREUVES COTEES

1) DEPUIS HEBERT ET BELLIN DU COTEAU LE PRINCIPE D'APPRECIATION RESTE LE MEME.

On se sert toujours des épreuves classiques qui selon certains, ont fait leur preuve, **sans que l'on puisse d'ailleurs préciser la signification qu'il faut attribuer aux résultats chiffrés de ces épreuves.**

Pourtant dans son rapport sur la fiche d'examen des sportifs Henry PIERON avait conseillé d'étudier chez les sportifs : « Le tempo, les vitesses de réactions auditives et visuelles, la résistance à la distraction, la promptitude dans la décision, la finesse d'appréciation des formes, des poids, des vitesses et des distances ». Certes des travaux expérimentaux fragmentaires ont été réalisés dans les laboratoires de physiologie du travail, dans les instituts d'éducation physique annexés aux facultés de médecine ; dans des laboratoires de psycho-technique mais les résultats de ces travaux n'ont amené que peu de progrès pour l'appréciation de la valeur physique et pour l'interprétation des résultats des épreuves cotées. Il semble que de plus en plus dans le domaine de l'éducation physique on s'oriente vers l'utilisation d'épreuves sportives, course, saut, lancer, grimper qui sont censées traduire de façon chiffrée la valeur physique. Ce sont d'ailleurs ces épreuves qui sanctionnent les examens scolaires.

Remarquons que les résultats chiffrés de ces différentes épreuves sont quasi impossibles à utiliser tant sont variés et contradictoire les barèmes utilisés, ne reposant d'ailleurs sur aucune base statistique sérieuse.

Signalons que l'incohérence et la diversité des tables de cotation a amené certains professeurs d'éducation physique constitués en groupe d'étude à instituer un instrument de mesure valable : La table générale des Performances Sportives de LETESSIER.

2) CEPENDANT L'INSUFFISANCE DES EPREUVES SPORTIVES POUR APPRECIER LA VALEUR PHYSIQUE EST APPARUE A BEAUCOUP

Le médecin Lieutenant-Colonel LARTIGUE écrit : (7)

« la critique générale que l'on peut adresser aux épreuves sportives c'est qu'elles font par trop appel aux mêmes qualités physiques de **détente** et de **vitesse** et pas assez à la résistance ».

C'est sans doute la raison pour laquelle les épreuves du 100 m. du saut en hauteur, du saut en longueur, du lancer de poids qui figuraient dans les épreuves de contrôle de la valeur physique dans l'armée en 1946, furent supprimées en 1950 après étude critique des résultats du contrôle physique. Dans l'armée américaine il en est de même, aucune des sept épreuves servant à classer leurs sujets n'utilise les épreuves athlétiques classiques chez nous. Par contre nous trouvons :

— Tractions à la barre fixe.
— Flexion et extension des bras en appui tendu.
— Exercices d'abdominaux.
— Une épreuve d'agilité qui est une épreuve de vitesse sur 70 mètres avec reptation et divers franchissements.
— L'épreuve « Navette grenades ». Dans un couloir long de 50 mètres sont posées les grenades une tous les 10 mètres. Le sujet doit ramener au point de départ les grenades une par une en les posant par terre.
— Course de 50 mètres en portant sur le dos un camarade de son poids.
— Ramper sur le ventre.

Nous voyons par ces exemples qu'après une expérimentation et une critique des résultats, **l'appréciation de la valeur physique** envisagée sous l'angle particulier de la classification en vue du métier des armes, ne peut être assurée par les seules épreuves athlétiques. C'est un argument tendant à montrer leur insuffisance, mais il importe cependant d'essayer d'en dégager leur valeur et leur signification.

CHAPITRE III

But de notre travail et méthode employée

Nous nous proposons d'étudier ici certaines épreuves athlétiques (100 m., saut en hauteur, lancer de poids) utilisées le plus souvent pour apprécier la valeur physique et pour contrôler les résultats en éducation physique. Nous tenterons de dégager leur signification et d'analyser **quels sont les facteurs de la valeur physique** qu'elles mettent en évidence.

Nous nous poserons ensuite la question de savoir si les facteurs testés par les épreuves étudiées sont suffisamment exhaustifs de la valeur motrice ou au contraire s'ils ne recouvrent qu'un nombre réduits d'éléments d'appréciation de cette valeur motrice et quels sont ceux qui restent dans l'ombre.

De cette étude nous tirerons les conclusions qui s'imposent dans le domaine de l'appréciation de la valeur motrice. Nous en déduirons le rôle que peuvent prendre les examens d'éducation physique dans le diagnostic des facteurs de la valeur motrice et l'orientation qui en résulte dans la conception même de l'éducation physique.

I — NOS MOYENS D'ETUDE

Nous avons expérimenté sur 50 à 60 jeunes gens de 18 à 22 ans préparant le concours d'entrée à l'Ecole Normale Supérieure d'Education Physique donnant accès à la carrière de Professeurs d'Education Physique. Ces jeunes gens sont recrutés à la suite d'un concours parmi les épreuves duquel nous trouvons précisément, entre autre, les épreuves athlétiques que nous voulons analyser.

Il s'agit donc de sujets sélectionnés ne constituant pas une population groupée au hasard ; ce sont des jeunes gens ayant déjà eu une activité sportive. Cela ne veut pas dire qu'il s'agisse d'une population homogène car leurs spécialités sont très diverses ainsi que leur mode de préparation. **Il y aura lieu de tenir compte de ces données dans l'interprétation des résultats.**

Nous avons testé ces sujets dans les épreuves classiques du 100 m. du saut en hauteur du lancer de poids de 6 kg.

Ces épreuves ont été effectuées dans l'année aux époques suivantes :

— octobre,
— décembre,
— mars,
— juin.

On pourrait formuler des réserves sur la comparaison des résultats dans des épreuves placées à des époques aussi dissemblables au point de vue température ; mais ces réserves tomberont en partie quand nous signalerons que nous nous sommes attachés à les effectuer dans des conditions aussi semblables que possible : lieu, moment de la journée et même condition de température.

II — UTILISATION DES RESULTATS

A la suite du passage de ces épreuves nous avons obtenu des résultats chiffrés. Examinons la façon dont on pouvait utiliser ces résultats.

Allions-nous nous livrer **à une analyse factorielle de ces résultats numériques ?**

Nous y avions pensé, mais les calculs que nous avions effectués à l'époque nous donnèrent des intercorrélations si faibles entre les épreuves appréciées globalement qu'il aurait fallu conclure à l'existence de facteurs spécifiques pour chacune d'entre elles. Nous avons donc abandonné l'analyse factorielle telle qu'elle est pratiquée dans l'analyse des composantes de l'intelligence où elle donne ses résultats les plus satisfaisants.

Remarquons cependant qu'en utilisant l'**analyse factorielle selon la théorie hiérarchique des facteurs de groupe** telle qu'elle est pratiquée en Angleterre (VERNON (8), HIGHWORE (1949) expérimentant sur les élèves masculins d'Ecoles Supérieures d'Education physique (donc dans des conditions voisines des nôtres) trouve :

1°) un facteur général dans toutes les mesures avec 32 % de la variance ;

2°) des facteurs de groupes avec 11,7 % pour :
a) les épreuves de course,

b) le lancement, le lancer, les performances impliquant des coups de pieds,

c) l'Equilibre et la course, les sauts en longueur et en hauteur.

Malgré la connaissance de ces méthodes factorielles et l'étude des résultats obtenus nous nous sommes orientés vers une autre méthode de travail que nous allons exposer maintenant.

III — METHODE DE RECHERCHE UTILISEE

1°) Dans le domaine de la valeur physique **certains facteurs certes mal définis mais dont l'existence ne fait de doute pour personne ont déjà été mis en évidence,** il n'y a donc plus à les rechercher par l'analyse factorielle. Notons à cet égard notre avantage sur les chercheurs qui poussent leurs investigations dans le domaine de l'intelligence où peu d'auteurs se rallient aux mêmes facteurs.

Notre chapitre historique nous a montré que tous les auteurs sont unanimes à reconnaître comme facteurs :

— la vitesse,
— la force musculaire,
— la résistance,
— l'adresse et les qualités apparentées (agilité, précision, dextérité),
— certains facteurs morphologiques (taille - poids - souplesse).

NOUS PARTIRONS DONC DE L'EXISTENCE DE CES FACTEURS

2°) Ces facteurs ayant été dénombrés et hiérarchisés nous **admettrons que tout test ou toute épreuve motrice possède un certain degré de saturation en quelques-uns de ces facteurs.**

En d'autres termes : et là nous appuyons sur les travaux de THURSTONE ayant posé les équations de base de l'analyse multifactorielle ; la performance Sa dans un test a s'exprime comme une somme de termes qui sont les produits de la note dans un facteur par la saturation du facteur dans le test.

$$Sa = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3$$

X 1 — x 2 — x 3 représentent les notes dans les facteurs et a 1 — a 2 — a 3 les saturations des facteurs dans les tests ou épreuves.

THURSTONE montre que l'on peut déduire de l'équation précédente la relation suivante entre les coefficients :

$$a^2_1 + a^2_2 + a^2_3 = 1$$

3°) En possession de ce moyen de calcul que sont les équations de THURSTONE **il nous faut trouver et utiliser des épreuves de laboratoires ou des épreuves motrices suffisamment simples** pour ne mettre en jeu qu'un seul facteur.

Les résultats obtenus par les sujets dans ces épreuves « unifactorielles » ou très fortement saturées en un seul facteur permettront de calculer les corrélations existant entre ces épreuves unitaires et les épreuves complexes étudiées. **Ces corrélations** donneront par définition la saturation du facteur considéré dans les différentes épreuves.

Nous utilisons le coefficient de corrélation de BRAVAIS-PEARSON donné par la formule

$$r = \frac{\Sigma\ (x - m)\ (y - m')}{\sqrt{\Sigma\ (x - m)^2\ \Sigma\ (y - m')^2}}$$

L'étude que nous entreprenons ici se limitera à la recherche de la saturation des épreuves athlétiques en facteur vitesse et facteur force.

CHAPITRE IV

Classement et Hiérarchisation des Facteurs de la Valeur Motrice

Notre étude part, nous l'avons dit, de la connaissance de l'existence de certains facteurs de la valeur motrice. Cependant, la formule V.A.R.F. de BELLIN du COTEAU, non plus que les facteurs « de la vraie force » de Georges HEBERT, ne peuvent nous satisfaire. Ces deux auteurs placent en effet tous les facteurs sur le même plan.

Essayons d'analyser, d'un point de vue fonctionnel, quels sont les facteurs psycho-moteurs qui permettent à un individu agissant dans un milieu, d'avoir une conduite motrice bien ajustée.

I — LES ELEMENTS EFFECTEURS DE LA CONDUITE MOTRICE

1°) L'EXECUTION DE L'ORDRE MOTEUR EST TRIBUTAIRE DE CERTAINS FACTEURS PERIPHERIQUES

1 - **facteurs morphologiques :** appréciés par l'examen morphologique, les mesures anthropométriques et biométriques : rapports entre les différents segments corporels, souplesse articulaire, modelé des masses musculaires.

2 - **facteur vitesse d'exécution** ou **rapidité musculaire** variable d'un sujet à l'autre.

3 - **facteur force musculaire** traduisant le maximum d'intensité possible atteinte par la contraction musculaire. Mesurable au dynamomètre.

4 - **Résistance périphérique à la fatigue** qui apparaît lors de la répétition de mouvements de grande intensité ou réalisés à un rythme rapide. Il faut distinguer la fatigue périphérique localisée au muscle, de la fatigue centrale qui s'y ajoute.

2°) L'EXECUTION DE TOUT ORDRE MOTEUR SUPPOSE L'EXISTENCE DE CERTAINS « STEREOTYPES MOTEURS » ou HABITUDES MOTRICES

Sur une base innée, par l'activité motrice antérieure spontanée ou par l'exercice systématique ayant abouti à l'**apprentissage,** des « stéréotypes moteurs » ont été acquis. Pour cela des voies nerveuses ont été « frayées », facilitant la réalisation ultérieure de ces réponses. Cette facilitation et frayage des voies se traduit par :

— **une bonne synergie** dans le travail des groupes musculaires agonistes.

— un bon dosage du **relâchement** ou du **freinage** exercé par les muscles antagonistes.

— le bon **déroulement temporel** des contractions musculaires successives assurant la **continuité du mouvement** et le **retour périodique de certaines séquences motrices.**

L'ensemble de ces caractéristiques est souvent désigné par le terme de bonne **coordination du mouvement.**

Mais peut-on parler de l'existence d'un facteur « coordination » comme l'on parle de vitesse et de force ? Nous ne saurions l'affirmer.

En réalité la **bonne coordination motrice** ne traduit qu'un résultat, en d'autres termes la possession d'une habitude motrice ne permet pas de préjuger des facteurs mis en jeu pour l'acquérir. C'est un aspect quantitatif, un bagage possédé par l'individu.

II — LES CHAINONS PERCEPTIF ET ASSOCIATIF DE LA CONDUITE MOTRICE

Si la conduite n'était définie que par ses éléments effecteurs, l'homme ne serait qu'une bonne mécanique. Mais la conduite motrice humaine est une conduite adaptative, se modelant sur les variations du milieu de comportement. Il ne suffit pas que l'individu ait à sa disposition de bons muscles et de bons stéréotypes moteurs, encore faut-il qu'il utilise ces éléments de réponse de façon adéquate en fonction des sollicitations du milieu. D'où l'importance de se préoccuper des chainons perceptif et associatif de la conduite.

1°) FINESSE ET PRECISION DE LA REPONSE MOTRICE : L'ADRESSE

L'adresse a pour résultat l'**utilisation de la réaction motrice qui convient à chaque cas particulier.** Elle suppose :

— une analyse judicieuse des signaux afférents au niveau des différents champs perceptifs (facteur perceptif),

— le choix de la réponse appropriée grâce à l'activité de synthèse du cortex (facteur associatif).

A) **L'ANALYSE DES SIGNAUX** met en jeu l'ensemble des différents champs perceptifs.

1) **La Finesse d'analyse sensorielle** implique non seulement l'acuité des différents sens, mais encore certaines habitudes d'analyse perceptive permettant de ne retenir des signaux multiples qui sollicitent notre organisme que ceux qui présentent une signification, une importance pour la conduite. Cette acuité sensorielle et cette analyse sélective des signaux, conditionne : la finesse d'appréciation des formes, des poids, des vitesses, des distances, des configurations spatiales, etc...

2) **La coordination des données des différents champs perceptifs.**

L'ensemble unifié de toutes nos sensations constitue un véritable référentiel à partir duquel s'organise notre motricité et auquel on donne actuellement le **nom de schéma corporel.** Il faut souligner l'importance que prennent les sensations kinesthésiques, et labyrinthiques dans la constitution de ce schéma corporel. C'est de sa justesse que dépendent les **réactions d'équilibration** qui accompagnent toute activité motrice.

B) **L'ACTIVITE ASSOCIATIVE** des centres nerveux mettant en liaison temporaire aires réceptives et aires effectrices permet un assemblage des données recueillies par l'analyse perceptive en vue d'une élaboration cohérente de la conduite, adaptée à l'ordre réel du milieu. Cette activité est désignée sous le nom de **stéréotypie dynamique** par PAVLOV.

Cependant, il y a des degrés différents de complexité dans l'ajustement des conduites. La réponse peut être :

1) **Un réflexe absolu.** — Dans ce cas l'association stimulus-mouvement est innée. Ces réflexes absolus dans la terminologie de PAVLOV, automatismes primaires pour les classiques, permettent le maintien d'un état d'équilibre avec un élément fixe du milieu. S'ils sont utilisables au début de la vie chez l'homme, la motricité humaine ne peut se ramener à de tels automatismes primaires. HEBERT a pourtant décrit sous le nom ambigu de « mouvements naturels », des mouvements d'adaptation héréditaires, parfaits d'emblée et immuables qui seraient caractéristiques de l'espèce. D'où la nostalgie d'un sauvage idéal, fort et adroit ayant naturellement tous les gestes qu'il faut pour s'adapter au milieu.

Nous pensons au contraire que **le bagage moteur héréditaire est inapte à assurer notre insertion dans le milieu changeant dans lequel nous nous trouvons.** Ces automatismes n'auraient de valeur que pour un individu figé ayant des rapports immuables avec un monde stable. Mais il existe un autre moyen d'adaptation c'est :

2) **La réponse conditionnelle** dépendant de l'activité associative du cortex. Cette réponse peut être temporaire, ce qui permet à l'individu de ne pas resté enfermé dans des réactions devenues inutiles, lorsque change le milieu.

α) **Dans certains cas le travail d'association cortical est simplifié** — lorsqu'existe déjà un stéréotype moteur correspondant à la situation. Ces stéréotypes moteurs fixation d'une réponse conditionnelle par la répétition se déclenche toujours identique lorsqu'apparait le signal. L'existence de ces réponses motrices coordonnées acquises par conditionnement permet un minimum d'effort d'analyse et de synthèse du cortex qui se décharge sur les centres sous jacents.

β) Dans d'autres cas la nouveauté de la situation est telle, **qu'aux signaux analysés par le cortex ne correspond aucun stéréotype moteur approprié.**

Là, va se situer le **travail d'association et de synthèse cortical.**

— Tout stéréotype moteur **est susceptible de généralisation** c'est-à-dire qu'il perd sa spécificité en devenant susceptible de s'adapter à des signaux pour lesquels il n'est pas fait (c'est ce que PIAGET désigne sous le nom d'accomodation des schèmes).

— Parfois, seul un élément de stéréotype est utilisable, il y aura rupture **des synergies existantes.** L'élément ainsi transféré entrera dans de **nouvelles synergies motrices.**

— Le nouveau stéréotype formé n'est pas bien ajusté d'emblée, mais par le jeu des mécanismes auto-régulateurs (feed back proprioceptifs ou afférentations en retour d'Anokine) il s'affinera par la répétition, et le **juste déroulement temporel** des contractions musculaires successives (rythme du mouvement) marquera la fin de ce travail de reconstruction.

A ce stade on peut parler d'élaboration de la conduite et la finesse de la réponse motrice qui en résulte mesure la qualité des récepteurs et des analyseurs ainsi que la puissance de synthèse du cortex. **Il s'agit là de l'intervention des processus mentaux supérieurs, intervenant dans tout mouvement un peu complexe déclenché dans une situation imprévue.** Le terme **d'intelligence motrice** ne parait pas exagéré pour désigner cette forme d'adaptation.

2°) LA RAPIDITE D'ADAPTATION

Le facteur nerveux ne se caractérise pas seulement par la plus ou moins grande précision de l'adaptation, mais encore par le plus ou moins grand délai nécessaire à l'élaboration de la réponse motrice.

Ce délai central d'association peut varier considérablement s'il s'agit d'une réponse induite prévue à l'avance ou au contraire d'une réponse qu'il faut improviser en présence d'un signal imprévu. Il n'est pas certain que la corrélation soit forte entre la rapidité de ces deux modes de réponses.

3°) LA DUREE POSSIBLE DE L'EFFORT D'ADAPTATION

qui traduit la plus ou moins **grande résistance à la fatigue.** C'est le facteur central de la fatigue qui se surajoute aux facteurs périphériques siégeant au niveau des organes et plus particulièrement au niveau des muscles.

L'analyse qui précède nous permet de schématiser et de grouper dans un tableau synoptyque les facteurs de la valeur motrice dont la possession confère **la maitrise corporelle.**

I. — **ELEMENTS EFFECTEURS de la conduite motrice :**

1) Facteurs périphériques, mécaniques → Facteurs morphologiques, Force musculaire, Vitesse musculaire, Résistance périphérique à la fatigue.

2) Richesse du bagage de stéréotypes moteurs.

II. — **ELEMENTS PSYCHO-MOTEURS de la conduite motrice.**

1) **Justesse de la réponse motrice : ADRESSE.**

a) **Facteurs perceptifs** (permettant la bonne coordination sensitivo-motrice) : **précision du geste.**
- — **Finesse d'analyse sensorielle.**
- — Justesse du schéma corporel (importance dans l'équilibration).

b) **Facteurs associatifs**
- justesse du choix du stéréotype moteur
- **facilité du remaniement des stéréotypes** (opposé à la persévération).
- amplitude de la généralisation
- facilité de dissociation des synci-nésies
- facilité de création de Nelles synergies
- facilité d'organisation temporelle du mouvement.

→ activité réorganisatrice et créatrice constituant l'intelligence motrice

2) **Rapidité d'adaptation**
- — dans le choix des stéréotypes,
- — dans le remaniement des stéréotypes.

3) **Résistance centrale à la fatigue** déterminant la durée de l'effort d'adaptation, Fatigue abolit adresse.

Un bilan complet de la valeur motrice d'un sujet supposerait donc une appréciation de l'ensemble de ces facteurs. Nous nous limiterons, dans ce qui suit, à l'étude des facteurs vitesse et force musculaire et au calcul de la saturation de certaines épreuves athlétiques en ces facteurs.

DEUXIEME PARTIE

Analyse Expérimentale de certains Facteurs de la Valeur Motrice

— *Facteur vitesse*

— *Facteur force exercée par le système musculaire*

CHAPITRE PREMIER

Le Facteur Vitesse

Fidèle au plan d'étude que nous nous sommes tracé nous partons de l'hypothèse que le facteur vitesse peut se situer à deux niveaux :

— à l'étage périphérique du muscle ;

— à l'étage central de l'association.

Il nous faut utiliser des épreuves ou tests mettant en jeu ces deux aspects de la vitesse. Les différentes épreuves de « temps de réaction » remplissent cette condition. Le test du tapping est également un test hautement saturé en vitesse que nous confronterons avec les épreuves précédentes. Parallèlement à ces épreuves de laboratoire nous utilisons une épreuve athlétique : la course de vitesse.

Nous comparons au point de vue de la vitesse cette épreuve avec chacune des précédentes.

A — LES MODALITES DE PASSATION DES EPREUVES

I — La mesure des temps de réaction

1°) **L'APPAREILLAGE :**

L'appareil dont nous disposons a été conçu au laboratoire de physiologie de la faculté de médecine et de Pharmacie de Rennes par le professeur PATAY. Il a permis à ce dernier avec J. VAN DEN DRIESSCHE d'effectuer des tests d'attention diffusée (9). Cet appareillage a subi depuis les premières expérimentations un certain nombre de remaniements. Il comporte actuellement :

a) Un chronoscope type d'ARSONVAL. L'aiguille effectue un tour de cadran par seconde le cadran est divisé en centièmes. L'intervalle entre les divisions est tel que nous pouvons effectuer une lecture au 5/1000 de seconde lorsque l'aiguille s'arrête entre deux divisions.

b) L'aiguille du chronoscope est mise en mouvement lors de la fermeture d'un circuit électrique qui déclenche en même temps le stimulus auquel doit réagir le sujet. Tous les stimuli que nous avons utilisés sont des stimuli visuels.

c) Un panneau vertical placé à hauteur du sujet et situé à trois mètres de lui porte trois hublots espacés de 20 cm. sur une ligne horizontale et garnis respectivement de verres rouge, bleu et vert. Des ampoules placées derrière ces verres sont connectées à la fois avec les manettes d'un tableau de bord et le système d'allumage.

d) Le dispositif d'allumage est représenté par une lame de cuivre tournant autour d'un axe et mue par un moteur électrique. Cette lame passe successivement sur 24 plots connectés individuellement avec le feu vert, le feu bleu ou le feu rouge.

e) Le sujet à tester est assis devant un tableau de bord constitué de trois clefs de morse espacées de 12 cm. 5. Il doit opérer d'une seule main.

Le test est réalisé dans une chambre obscure. L'expérimentateur dissimulé aux yeux du sujet par un écran met en route le moteur animant le dispositif de déclenchement des signaux, et effectue les lectures au chronoscope.

2°) LES MESURES EFFECTUEES :

a) Mesure du temps de réaction simple.

Nous avons d'abord effectué sur nos 53 sujets une mesure du temps de réaction simple. Pour cela la lame de cuivre de notre dispositif est immobilisée sur l'un des plots connectant l'une des lampes. C'est l'expérimentateur qui en manœuvrant un interrupteur ferme le circuit qui permet l'allumage de la lampe et la mise en route du chronoscope.

Lors de la perception du stimulus le sujet doit lever le doigt qui est appuyé sur une des clefs de morse. La rupture du contact entraîne l'arrêt du chronoscope. Un délai de une à cinq secondes est observé entre le commandement préparatoire et le déclenchement du stimulus.

Etant donné l'importance du délai d'attente dans les épreuves de temps de réaction (Francine ORSINI 1958) nous avons fait en sorte que sur les 50 réactions mesurées dans une séance chaque sujet ait eu à observer les mêmes délais, mais alternés de façons différentes. Les mesures ont été effectuées en trois fois à raison de 50 réactions par séance.

Pour chaque série de 50 mesures on élimine les deux résultats extrêmes et l'on fait la moyenne arithmétique des temps obtenus. On prend comme T.S. pour chaque sujet le meilleur temps moyen obtenu sur les 3 séries.

b) **Mesures du temps de réaction total, du temps discriminatif calcul du temps moteur :**

L'appréciation du temps simple étant faite, nous abordons une nouvelle série de mesures. Le sujet est placé dans les mêmes conditions que pour la mesure du temps simple, mais cette fois c'est le moteur électrique qui entraîne la lame de cuivre de notre système de connection. Chaque fois que se produit le contact entre la lame de cuivre et l'un des plots, l'une des lampes s'allume. Le sujet doit alors porter la main sur la clef correspondant à la lampe qui vient de s'allumer.

Notre circuit est conçu de telle sorte que nous avons deux possibilités de mesure :

1) Nous pouvons apprécier le **Temps Total,** temps qui s'écoule entre le moment où le sujet l'éteint en appuyant sur la clef de morse correspondante.

2) Nous pouvons apprécier, en introduisant une modification de circuit, le temps qui s'écoule entre le moment où la lampe s'allume et le moment ou le doigt est levé de la clef de morse sur laquelle il se trouve placé. Le temps ainsi mesuré correspond eu « **temps discriminatif et de choix** » (Woodworth) (10). C'est à dire au délai mis pour apprécier la nature du signal et réaliser l'association correspondant au signal perçu.

Notre appareillage nous permet donc d'effectuer une mesure :

— du temps discriminatif et de choix (T.D.), et du temps total de réaction correspondant à la durée du déplacement segmentaire pour que la main aille de la clef 1 à la clef 2. Le Temps purement moteur (T.M.) sera calculé en soustrayant du temps total, le temps discriminatif.

Comme pour la mesure du T.S. nous avons effectuer trois séries de mesures. Lors de chacune des mesures nous avons fait alterner la mesure du temps total sur cinquante réactions à la mesure du temps discriminatif également sur cinquante réactions. Ceci renouvelé trois fois au cours de chaque séance.

Grâce à une subvention accordée par le C.N.R.S., l'appareil que nous avons décrit a été à nouveau modifié. L'utilisation de deux chronoscopes permet d'obtonir simultanément le T.D. et le T.T. si bien que le TM. est donné immédiatement par simple différence.

c) **Résultats obtenus**

Tableau général des résultats

		T.S.	T.D.	T.M.			T.S.	T.D.	T.M.
1	F.A.	18	29	13	27	D.G.	17	21.5	11
2	R.A.	20.5	27	11	28	G.H.	20	24.5	16.5
3	P.A.	21	26.5	15	29	.P.H.	20.5	28	13.5
4	J.F.B.	18	23.5	15	30	M.H.	17	22	20
5	R.R.	18	23	12.5	31	J.K.	18.5	22	16.5
6	M.B.	17.5	22.5	13	32	A.L.	17	22	13
7	G.B.	19.5	23.5	13	33	J.C.L.	18	21	15
8	M.B.	17	21.5	14	34	C.L.	18	21	13.5
9	B.B.	14.5	24	12.5	35	C.L.	21	26	14
10	R.B.	14.5	22	14	36	H.L.	21	26.5	15.5
11	M.C.	17.5	26	10.5	37	C.L.C.	23	28.5	12.5
12	R.C.	17	23.5	14	38	J.L.	18	24	10
13	J.C.	19	21	15.5	39	H.L.	17	20	12.5
14	M.C.	20	23.5	10.5	40	J.L.	19	29	14.5
15	J.C.	20	24	13	41	J.M.	19	23	15
16	D.C.	16.5	23.5	13.5	42	A.M.	19.5	26.5	16
17	P.D.	16	20	15	43	A.M.	17.5	25	14
18	M.D.	19	26	15	44	J.P.P.	20	24.5	15.5
19	D.E.	18.5	23	11	45	C.P.	28.5	21.5	20.5
20	H.F.	19	20.5	17	46	C.R.	20	27	14.5
21	R.F.	19	31	12	47	J.C.R.	18.5	23.5	11.5
22	J.P.G.	17.5	23.5	8.5	48	F.R.	19.5	24.5	12
23	J.C.G.	19	27.5	13.5	49	G.R.	19	24.5	14.5
24	G.G.	20	32.5	20	50	M.T.	22	24.5	15.5
25	J.G.	22	26.5	11.5	51	J.C.T.	17	23	9
26	J.G.	18	24.5	11					

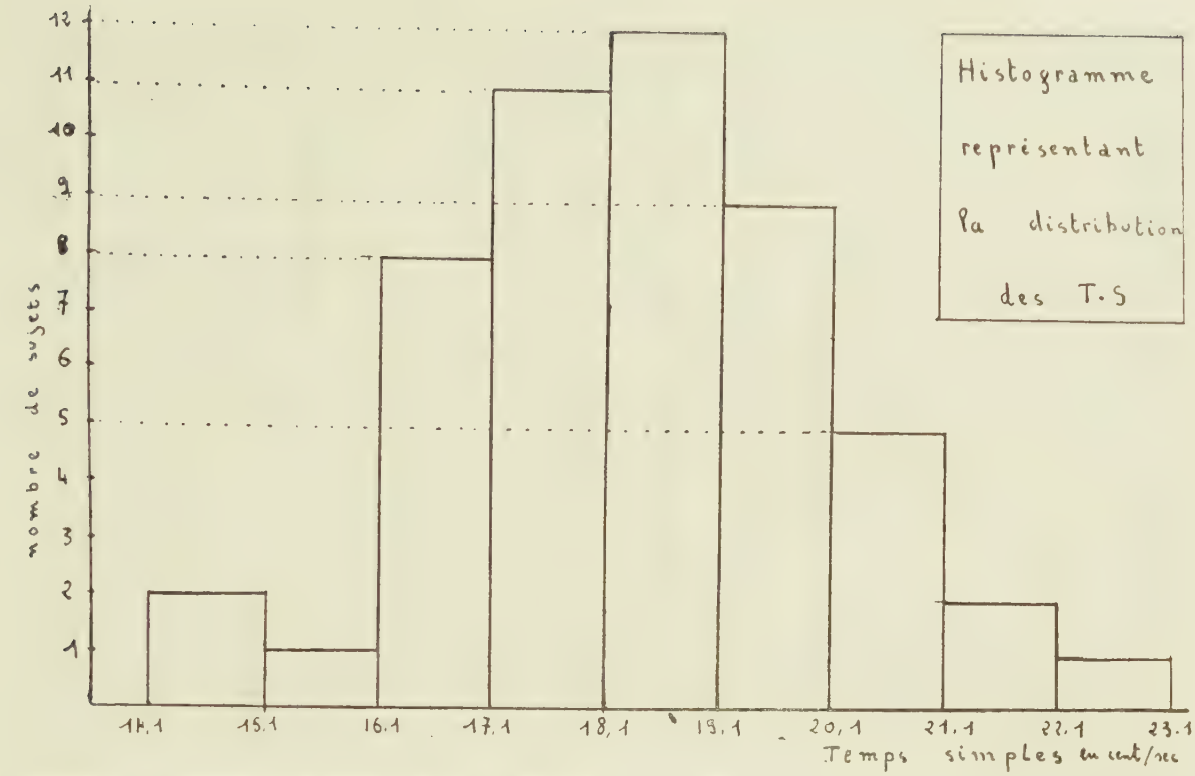
(tous les temps sont exprimés en centièmes de seconde)

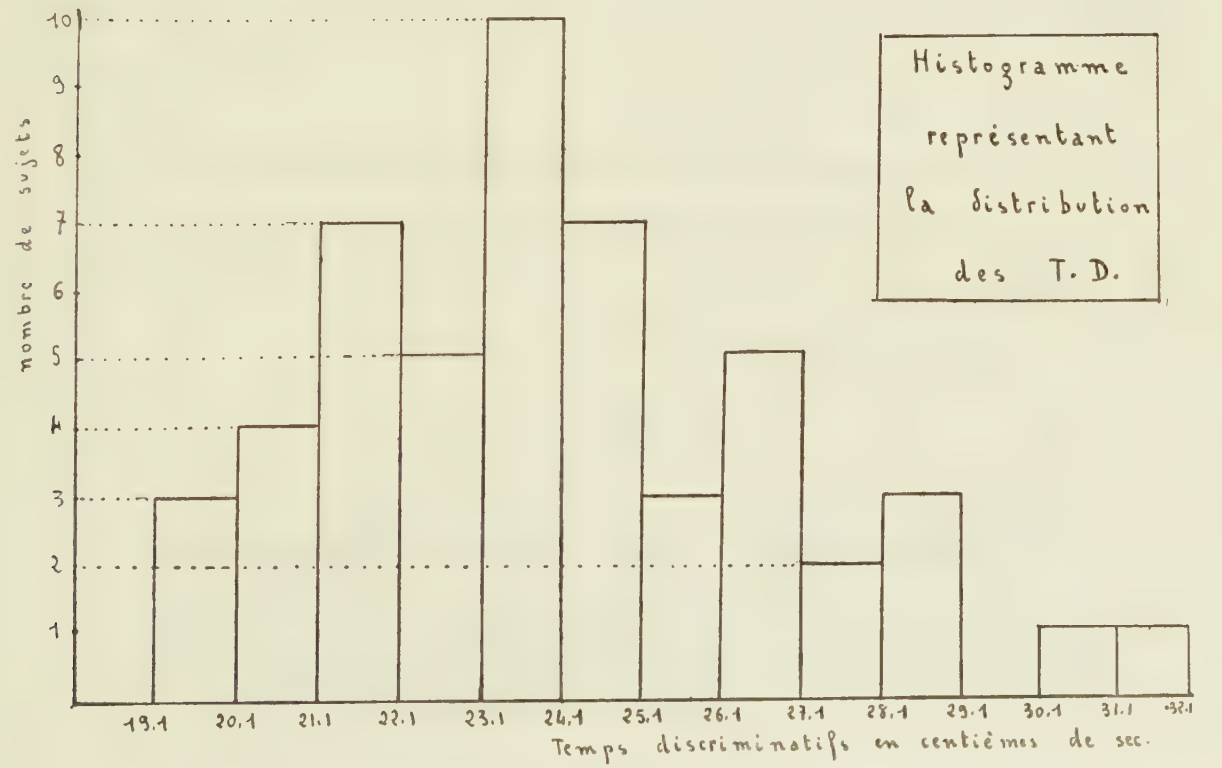
L'examen des histogrammes ci-contre nous montre que les valeurs individuelles des T.S, T.D., T.M. se distribuent suivant la loi de LAPLACE-GAUSS. Les caractéristiques de notre population de sujets seront donc entièrement déterminées lorsque l'on connaîtra sa moyenne $\bar{x}$ et son écart type σ . Ces valeurs sont :

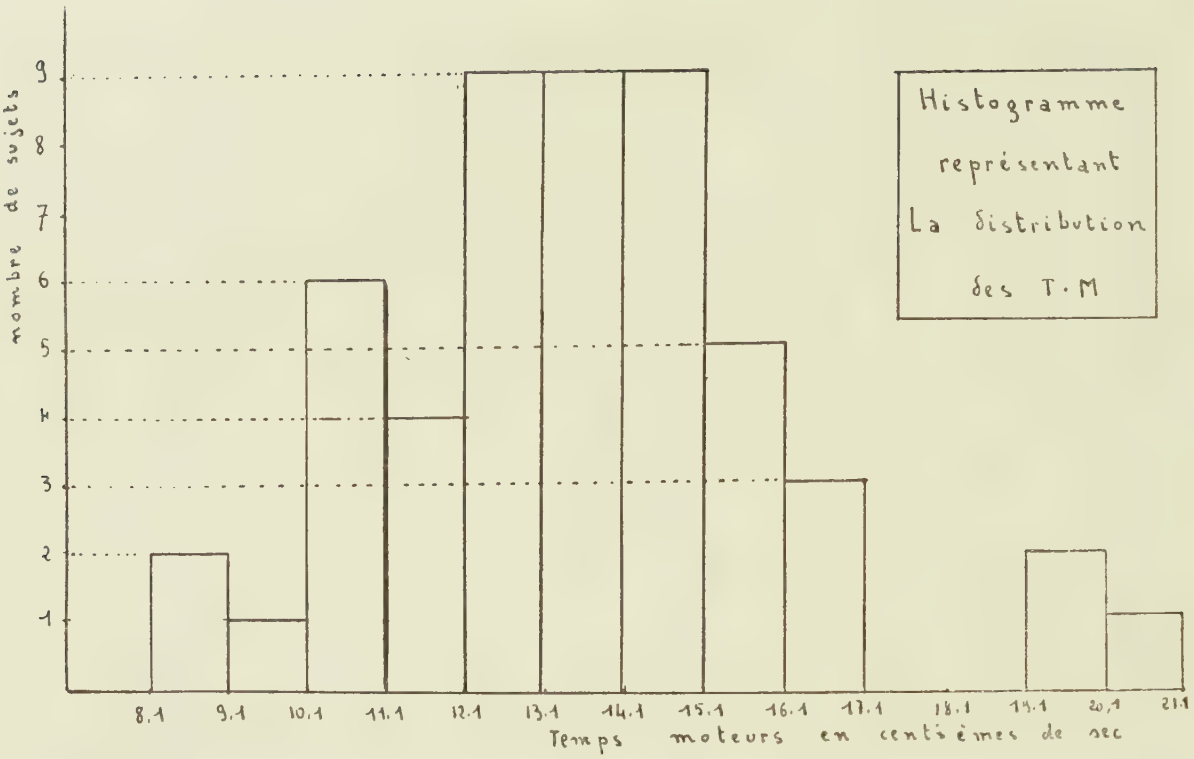
$$\text{T.S.} \quad \begin{cases} \bar{x} = 18.5 \\ \sigma = 1.72 \end{cases}$$

$$\text{T.D.} \quad \begin{cases} \bar{x} = 24 \\ \sigma = 2.77 \end{cases}$$

$$\text{T.M.} \quad \begin{cases} \bar{x} = 13.5 \\ \sigma = 2.52 \end{cases}$$


Histogramme représentant la distribution des T.S
nombre de sujets
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
14.1
15.1
16.1
17.1
18.1
19.1
20.1
21.1
22.1
23.1
Temps simples en cent/sec


Histogramme représentant la distribution des T. D.
nombre de sujets
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
19.1
20.1
21.1
22.1
23.1
24.1
25.1
26.1
27.1
28.1
29.1
30.1
31.1
32.1
Temps discriminatifs en centièmes de sec.



d) **Calcul du coefficient de corrélation entre T.S. et T.M. et entre T.D.-T.M.**

Le simple examen des diagrammes de corrélation entre T.S. et T.M. d'une part T.D. et T.M. d'autre part nous montre que la répartition semble se faire au hasard.

Le calcul nous donne les coefficients de corrélation suivant :

T.S. - T.M. ..... r = . 12

T.D. - T.M. ..... r = — . 14

Les corrélations sont donc très faibles dont une négative. Nous nous croyons donc autorisé à conclure :

Il y a indépendance entre les facteurs vitesse nerveuse et vitesse musculaire.

On ne peut donc parler comme le faisait certains auteurs d'une qualité neuro-musculaire de vitesse, il faut distinguer pour chaque sujet, le facteur musculaire et le facteur nerveux de la vitesse. Cette constatation avait déjà été faite par le professeur PATAY et J. VAN DEN DRIESSCHE ,op. cité).

Diagramme de corrélation entre TS - TM

8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	18	20	20.5	
14.5								1			1										-4
16													1								-2.5
16.5										1											-2
17	1				1			1	1		1								1		-1.5
17.5	1			1					1		1										-1
18			1		1			1	1	1			1								0.5
18.5						1	1										1			1	0
19							1			1		1	1	1			1				+0.5
19.5							1		1						1						+1
20				1					1			1		1		1			1		+1.5
20.5					1					1											+2
21											1		1	1							+2.5
22						1								1							+3.5
23							1														+4.5
	-4.5	-4	-3.5	-3	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	+0.5	+1	+1.5	+2	+2.5	+3	+3.5	+4.5	+6.5	+7	

(horizontalement les T.M
verticalement les T.S)

$\Sigma x'y' = 26.75$. $\Sigma y'^2 = 141.5$. $\Sigma x'^2 = 323.25$

$\Sigma y'^2 \times \Sigma x'^2 = 45.740$. $\sqrt{\Sigma y'^2 \times \Sigma x'^2} \# 214$

$r = \frac{26.75}{214} = 0.12$

II — Le test du tapping

Nous l'avons utilisé sous sa forme classique. A l'aide d'un stylet métallique le sujet effectue le plus grand nombre de percussions possibles sur une plaque également métallique. Chaque percussion ferme le circuit et actionne un signal de DEPRES qui inscrit sur un cylindre enregistreur. L'enregistrement du temps permet de compter le nombre de contacts réalisés par fractions de 10 secondes. Nous avons retenu pour chaque sujet la meilleure des séries.

Diagramme de corrélation entre T.D - T.M

	8.5	9	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	20	20.5	
20								1					1						-4
20.5																1			-3.5
21										1			1	1					-3
21.5					1						1							1	-2.5
22									1		1					1	1		-2
22.5									1										-1.5
23		1			1			1					1						-1
23.5	1			1		1			1	1	1		1						-0.5
24			1						1										0
24.5					1		1					1		1		1			+0.5
25											1								+1
26				1							1								+2
26.5						1							1	1	1				+2.5
27					1							1							+3
27.5										1									+3.5
28										1									+4
28.5								1											+4.5
29									1		1								+5
31							1												+7
32.5																	1		+8.5
	-5	-4.5	-3.5	-3	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	+0.5	+1	+1,5	+2	+2.5	+3	+6.5	+7	

horizontalement les T.M

verticalement les T.S

$\Sigma x'y' = -51.25$, $\Sigma x'^2 = 323.25$, $\Sigma y'^2 = 391.25$

$\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2 = 126.471$. $\sqrt{\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2} \# 355$

$r = -0,14$

III — La course de vitesse

Nous avons retenu la course de 100 m. Mais nous en avons effectué un chronométrage fractionné, selon le découpage suivant : les 30 premiers mètres, les 60 mètres et enfin les 100 m.

Nous nous sommes intéressés particulièrement à la comparaison des 30 premiers mètres et de la partie de course comprise entre 30 et 60 m. que nous appelons les 30 m. lancés.

B — LES DEUX COMPOSANTES, MUSCULAIRE ET NERVEUSE DE LA VITESSE

I — Problème de l'unicité ou de la dualité du facteur vitesse

La plupart des auteurs ayant étudié la vitesse motrice ont affirmé ou tout au moins ont admis l'unicité de ce facteur.

Ils parlent d'une qualité neuro-musculaire en admettant qu'il y ait une corrélation étroite entre les propriétés du muscle et les propriétés du système nerveux. Peut-être sont-ce les travaux de LAPICQUE et de ses élèves sur l'isochronisme nerf - muscle qui ont contribué à asseoir cette affirmation.

Or en envisageant dans la conduite motrice un niveau d'exécution et un niveau d'association ou d'élaboration. nous avons été amené à **postuler la dualité de ce facteur vitesse.**

1°) LES TEMPS SIMPLE ET DISCRIMINATIF PEUVENT ETRE CONSIDERES COMME REPRESENTANT A PEU PRES EXCLUSIVEMENT LE FACTEUR DIT NERVEUX DE LA VITESSE

Leur durée correspond :

— au temps de latence sensoriel,

— à la durée de transmission de l'organe des sens jusqu'à l'analyseur cortical,

— au « temps de latence psychique » correspondant au temps d'association cortical,

— à la durée de la transmission jusqu'à la plaque motrice,

— au temps perdu synaptique et à la toute première partie de la réponse musculaire.

Notons que vraisemblablement l'élément le plus important de cette chaîne nerveuse est **le temps d'association cortical,** ce temps est très variable. Lorsqu'il s'agit d'une réponse induite uniforme, correspondant au Temps simple, ce temps est réduit au minimum.

Mais lorsque les possibilités de réponses s'accroissent la durée de ce temps d'association augmente de façon importante. Le temps discriminatif caractérise cette durée lorsque selon le stimulus trois possibilités différentes de réponses sont offertes au sujet. Lors de types de réactions plus complexes demandant une improvisation motrice par exemple, il est certain que la durée d'association devient encore plus grande. Dans ce cycle d'expériences nous ne nous sommes pas préoccupé de ce dernier problème.

2°) LE TEMPS MOTEUR :

Alors que les T.S. et discriminatif caractérisent le facteur nerveux de la vitesse, **le temps moteur correspond à la durée du déplacement segmentaire** permettant d'amener le doigt de la manette A à la manette B. Il s'agit donc là d'une durée caractéristique de la vitesse de raccourcissment du muscle.

Le temps moteur traduit donc **la vitesse ou rapidité musculaire.**

Remarquons que le Temps moteur pourrait non seulement dépendre de la vitesse de contraction musculaire, mais aussi de la longueur segmentaire des sujets. En réalité le calcul nous montre que la corrélation entre la longueur segmentaire et le T.M. est nulle. Nous nous croyons donc autorisé à admettre que le T.M. **est une mesure de la rapidité de la contraction musculaire.**

Notre technique expérimentale nous permet donc de disposer de **deux mesures concernant l'élément nerveux de la vitesse motrice :**

Temps simple,

Temps discriminatif et de choix,

et d'une mesure le **T. Moteur concernant l'élément proprement musculaire** de la vitesse motrice.

II — Importance relative des facteurs vitesse nerveuse et vitesse musculaire dans la rapidité motrice

DEMENY à la suite de ses expérimentations concluait en disant : qu'il fallait deux fois plus de temps pour se décider que pour agir, d'autre part que la durée d'exécution purement musculaire différait peu d'un sujet à l'autre. Ces conclusions ne nous paraissent pas exactes.

1°) RAPPORT DE DUREE ENTRE TEMPS DISCRIMINATIF ET TEMPS MOTEUR :

Dans la réalisation d'un geste la part que prend le facteur nerveux et le facteur moteur est très variable selon les individus.

C'est ainsi que chez certains sujets à T.D. courts et T.M. long nous trouvons les rapports suivants :

M.H. (sujet 30) :
- T.D.= 22 cent. de sec.
- T.M.= 20 cent. de sec.
- $\frac{\text{T.D.}}{\text{T.M.}}$ = 1.10

H.F. (sujet 20) :
- T.D.= 20.5 cent. de sec.
- T.M.= 17 cent. de sec.
- $\frac{\text{T.D.}}{\text{T.M.}}$ = 1.20

C.P. (sujet 45) :
- — T.D. = 21.5 centièmes de seconde
- — T.M. = 20.5 centièmes de seconde
- — $\frac{\text{T.D.}}{\text{T.M.}}$ = 1.04

Au contraire chez d'autres sujets à T.D. longs et T.M. courts, nous trouvons des rapports très différents :

R.A. (sujet 2) : - T.D. = 27 cent. de sec. ; - T.M. = 11 cent. de sec. ; - $\frac{\text{T.D.}}{\text{T.M.}}$ = 2.45

R.F. (sujet 21) : - T.D. = 31 cent. de sec. ; - T.M. = 12 cent. de sec. ; - $\frac{\text{T.D.}}{\text{T.M.}}$ = 2.57

J.P.G. (sujet 22) : — T.D. = 23.5 centièmes de seconde ; — T.M. = 8.5 centièmes de seconde ; — $\frac{\text{T.D.}}{\text{T.M.}}$ = 2.76

2°) RAPPORT DE DUREES ENTRE TEMPS SIMPLES ET TEMPS MOTEUR :

Si nous considérons maintenant non plus le rapport $\frac{\text{D.D.}}{\text{T.M.}}$ mais le rapport $\frac{\text{T.S.}}{\text{T.M.}}$ nous trouvons des variations individuelles aussi importantes.

— Nous trouvons des sujets à rapports élevés :

J.C.T. (sujet 51) : T.S. = 17 centièmes de seconde ; T.M. = 9 centièmes de seconde ; $\frac{\text{T.S.}}{\text{T.M.}}$ = 1.88

— Nous trouvons des sujets dont le temps simple et le temps moteur sont égaux ou voisins l'un de l'autre.

G.G. (sujet 24) : T.S. = 20 centièmes de seconde ; T.M. = 20 centièmes de seconde ; $\frac{\text{T.S.}}{\text{T.M.}}$ = 1

Et enfin des sujets dont le rapport est inférieur à I c'est-à-dire à T.M. plus longs que le temps simple.

C.P. (sujet 45) : T.S. = 18.5 cent. de sec. ; T.M. = 20.5 cent. de sec. ; $\frac{\text{T.S.}}{\text{T.M.}}$ = 0.9

M.H. (sujet 30) : T.S. = 17 cent. de sec. ; T.M. = 20 cent. de sec. ; $\frac{\text{T.S.}}{\text{T.M.}}$ = 0.85

3°) LES DIFFERENCES ENTRE SUJETS SONT IMPORTANTES EN CE QUI CONCERNE LEUR T.M.

Comparons les différences individuelles observées pour les T.S. et pour les T.M.
Pour les T.S. la valeur minimum trouvée est : 14.5 centièmes de seconde
la valeur maximum trouvée est : 23. centièmes de seconde
Soit un écart entre les extrêmes de 8.5 et un écart type de 1.72
Pour les T.M. la valeur minimum trouvée est 8.5
la valeur maximum de 20.5
Soit un écart maximum de 1.20 et un écart type de 2.52

Nous pouvons donc conclure que les variations individuelles sont plus fortes pour les valeurs des temps moteurs que pour celles des temps simples. **L'importance de la durée de la contraction musculaire est loin d'être négligeable et les différences à cet égard entre les sujets sont significatives.**

III — Comparaison entre T.S. et T.D.

1°) LE TEMPS DISCRIMINATIF EST, CHEZ TOUS LES SUJETS PLUS LONG QUE LE TEMPS SIMPLE

Alors que les valeurs des temps simples étaient :

min. : 14.5 centièmes de seconde
max. : 23 centièmes de seconde
moy. : 18.5 centièmes de seconde
σ : 1.72

Les valeurs des temps discriminatifs sont :

min. : 20 centièmes de seconde
max. : 31 centièmes de seconde
moy. : 24 centièmes de seconde
σ : 2.77

2°) LES ECARTS ENTRE TEMPS DISCRIMINATIFS ET TEMPS SIMPLES SONT TRES VARIABLES ENTRE LES SUJETS :

Certains ont des écarts très importants entre T.S. et T.D.

F.A. (sujet 1) : T.D. = 29 cent. de sec. ; T.S. = 18 cent. de sec. ; TD-TS = 11 cent. de sec.

R.F. (sujet 21) : T.D. = 31 cent. de sec. ; T.S. = 19 cent. de sec. ; TD-TS = 12 cent. de sec.

G.G. (sujet 24) : T.D. = 32.5 cent. de sec. ; T.S. = 20 cent. de sec. ; TD-TS = 12.5 cent. de sec.

D'autres ont au contraire des différences faibles.

M.T. (sujet 50) : T.D. = 24.5 cent. de sec. ; T.S. = 22 cent. de sec. ; TD-TS = 2.5 cent. de sec.

C.P. (sujet 45) : T.D. = 21.5 cent. de sec. ; T.S. = 18.5 cent. de sec. ; TD-TS = 3 cent. de sec.

H.L. (sujet 39) : T.D. = 20 cent. de sec. ; T.S. = 17 cent. de sec. ; TD-TS = 3 cent. de sec.

3°) CORRELATION ENTRE T.S. ET T.D. (Voir diagramme)

Le coefficient de corrélation entre T.S. et T.D. est égal à :

$$r = .55$$

C'est un chiffre plus fort que celui donné généralement par les auteurs. LANIER (1934) donne des chiffres compris entre . 30 et . 50.

Nous voyons que la hiérarchisation de nos sujets fondée sur leur rapidité d'association centrale diffère selon que l'association correspond à une réponse induite connue à l'avance ou à une réponse dans laquelle il faut faire un choix très simple. Si l'on augmentait encore la complexité de la réponse à effectuer, il est certain que les classements des sujets différeraient encore bien plus.

Diagramme de corrélation entre T·S - T·D

	20	20·5	21	21·5	22	22·5	23	23·5	24	24·5	25	26	26·5	27	27·5	28	28·5	29	31	32,5	
23																	1				+4·5
22										1			1								+3,5
21												1	L								+2·5
20·5														1		1					+2
20								1	1	L				1						1	+1·5
19·5								1		1			1								+1
19		1	1				1			1		1			1			1	1		+0·5
18·5							1	1													0
18			L				1	1		1								1			-0,5
17·5						1		1			1	1									-1
17	1			L	L		1	1													-1·5
16·5								1													-2
16	1																				-2·5
14·5					1				1												-4
	-4	-3,5	-3	-2·5	-2	-1·5	-1	-0·5	0	+0·5	+1	+2·5	+2·5	+3	+3·5	+4	+4·5	+5	+7	+8·5	

horizontalement les T·D

verticalement les T·S

$\Sigma x'y' = 128.75$. $\Sigma x'^2 = 391.25$. $\Sigma y'^2 = 141.50$

$\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2 = 55.361$. $\sqrt{\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2} \# 235$

$$\boxed{r = 0.55}$$

CONCLUSION

1°) La rapidité motrice des sujets est fonction d'un :

— élément nerveux représentant essentiellement le temps d'association cortical.

— élément musculaire représentant la rapidité de contraction du muscle.

Chacun de ces éléments doit être considéré séparément.

2°) La rapidité musculaire diffère de façon très importante d'un sujet à l'autre et doit pouvoir servir à interpréter des différences de résultats dans les épreuves tests.

3°) Le Temps d'association central varie de façon particulière chez chaque sujet, en fonction de la complexité de la réponse demandée.

C — QUELLE EST LA PART QUI REVIENT AUX DEUX ASPECTS DE LA VITESSE DANS LES TESTS ETUDIES

I — Dans le tapping

LANIER signale des corrélations très basses entre les performances en série comme le tapping et le Temps de réaction simple. Pour cet auteur la corrélation est comprise entre 0.15 et 0.30.

Chez nos sujets qui réalisent rappelons-le des performances nettement supérieures à celles signalées par la plupart des expérimentateurs nous trouvons les chiffres suivants :

Coefficient corrélation Tapping — T.S. r = . 42 (v. diagramme)

Mais constatation intéressante, nous trouvons également une corrélation identique entre

Tapping - T.M. . . . . r = . 42 (v. diagramme p. 42)

Le facteur nerveux de la vitesse et le facteur musculaire interviennent donc tous deux dans la réussite au test du tapping. Y a-t-il lieu d'admettre l'additivité de ces deux facteurs ?

La performance de chaque individu serait alors déterminée par la somme des influences, élémentaires provoquées par chacun des facteurs. C'est cette éventualité qui est postulée par THURSTONE et qui amène aux équations que nous avons déjà citées. Dans ce cas l'additivité des deux facteurs vitesse musculaire et vitesse nerveuse pourrait expliquer dans la proportion de

17.5 + 17.5 = 35 %

la performance au tapping. C'est-à-dire que 64 % des résultats restent inexpliqués, à moins d'admettre d'hypothètiques facteurs spécifiques.

Diagramme de corrélation entre performances au tapping et T·S

	14·5	16	16·5	17	17·5	18	18·5	19	19·5	20	20·5	21	22	23	
64										G·G J·P·P		P·A			-14
66								J·M·							-12
67									A·M						-11
69			D·C·							G·H					-9
70							C·P								-8
71													M·T		-7
72														C·L·L·	-6
73									F·R	C·R·					-5
74		P·D				C·L·									-4
75						J·C·L·									-3
76	B·B							H·F		J·C·					-2
77				J·C·T		F·A		J·C·G·							-1
78					M·B		D·E						J·G		0
79								G·R R·F	G·B			C·L·			+1
80								M·D J·C· J·L·							+2
81				H·L·	M·C·		J·K				R·A				+3
82				A·L											+4
84						J·L·									+6
85					A·M		J·C·B								+7
87				M·H·											+9
89	R·B									M·C·					+11
91				H·B											+13
92				J·G	J·P·G	J·F·B D·G									+14
95						R·B									+17
	-4	-2·5	-2	-1·5	-1	-0·5	0	+0·5	+1	+1·5	+2	+2·5	+3·5	+4·5	

Horizontalement les T·S

Verticalement les performances au tapping

$\Sigma x'y' = 276.5$ $\Sigma x'^2 = 145.25$

$\Sigma y'^2 = 3.007$ $\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2 = 436.767$

$\sqrt{\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2} \# 661$

$r = 0,42$

Diagramme de corrélation entre performances au tapping et T.M

	8.5	9	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	26	20.5	
64													P.A	J.P.P				G.G.		-14
66													J.M.							-12
67															A.M					-11
69										D.C.						G.H				-9
70																			C.P	-8
71														M.T						-7
72								C.L.L.												-6
73							F.R.					C.R								-5
74										C.L.			P.D.							-4
75													J.C.L.							-3
76								B.B	J.C.								H.F			-2
77		J.C.T							F.A	J.C.G										-1
78					D.E	J.B			M.B											0
79							R.F		G.B		C.L.	G.R								+1
80												J.L.	M.D	J.C.						+2
81				M.C.	R.A			H.L.								J.K				+3
82									A.L.											+4
84			J.L.																	+6
85						J.C.R					A.M									+7
87																		M.H		+9
89				M.C.							R.B									+11
91											M.B									+13
92	J.P.G				D.G		J.G						J.F.B							+14
95							R.B													+17
	-5	-4.5	-3.5	-3	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	+0,5	+1	+1.5	+2	+2.5	+3	+3.5	+6.5	+7	

horizontalement les T.M

verticalement les performances au tapping (nombre de percutions en 10 sec.)

$\Sigma x'y' = 411,5$. $\Sigma x'^2 = 315$

$\Sigma y'^2 = 3.007$ $\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2 = 947.209$

$\sqrt{\Sigma y'^2 \times \Sigma x'^2} = 974$

$r = 0,42$

Au contraire, et c'est TRYON qui le premier fit cette suggestion, chaque individu ne résout-il pas le problème à sa manière ? Certains n'utilisent-ils pas leur facteur nerveux, d'autres leur facteur musculaire ?

Si l'on adopte cette hypothèse il doit être possible de diviser nos sujets en 2 groupes. Un groupe de sujets dont la performance au tapping est en forte corrélation avec les temps simples, un deuxième groupe dont la performance est en forte corrélation avec les temps moteur. C'est ce que nous avons contrôlé.

25 sujets ont une excellente corrélation entre T.M. et performance au tapping
r = . 80 (v. diagramme)
23 sujets ont une excellente corrélation entre T.S. et performance au tapping
r = . 75 (v. diagramme)
4 sujets pourraient indifféremment figurer à l'un ou l'autre tableau.

Conclusion

La performance des sujets au tapping dépend de deux facteurs principaux :
— le T.M. traduisant la vitesse musculaire,
— le T.S. traduisant la vitesse nerveuse.

Mais il semble que ces facteurs jouent indépendamment l'un de l'autre et non de façon additive. En d'autres termes les sujets peuvent résoudre le problème du tapping en utilisant soit leur vitesse nerveus, soit leur vitesse musculaire.

II — Dans une course de vitesse

1°) COURSE DE 100 METRES : CORRELATIONS AVEC T.S. ET T.M.

a) Les seules corrélations que nous avons pu mettre en évidence sont relatives au **facteur vitesse musculaire représenté par le T.M.** Rappelons que ce T.M. est mesuré par un déplacement segmentaire des membres supérieurs, dans une autre série d'expériences nous essaierons de mesurer le T.M. sur un déplacement des membres inférieurs, il sera intéressant de constater si la corrélation est plus élevée dans ce second cas.

Nous n'avons constaté aucune corrélation entre T.S. et performance sur 100 mètres.

b) **Les chiffres des corrélations obtenues sont les suivants :**

Nous avons échelonné nos épreuves sur 8 mois et nous avons testé nos sujets à différentes périodes de leur entraînement :

— avant tout entraînement (octobre) . . . . r = . 22
— fin novembre . . . . . r = . 31
— mi mars . . . . . r = . 31
— début mai . . . . . r = . 34
— fin mai . . . . . r = . 40

Diagramme de corrélation entre performance au tapping et T.M
pour 25 sujets

	8.5	9	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	20	20,5	
64														J.P.P				G.G		-14
66													J.M							-12
67															AM					-11
69										D.C						G.H				-9
70																			C.P	-8
71														M.T						-7
72																				-6
73																				-5
74										C.L			P.D							-4
75													JC.L							-3
76								B.B												-2
77																				-1
78						J.G			M.B											0
79							R.F		G.B		C.L.									+1
80																				+2
81					R.A		H.L.													+3
82																				+4
84			J.L.																	+6
85						J.C.R														+7
87																				+9
89				M.C																+11
91																				+13
92	J.P.G				D.G															+14
95							R.B													+17
	-5	-4.5	-3.5	-3	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	+0.5	+1	+1.5	+2	+2.5	+3	+3.5	+6.5	+7	

Horizontalement les T.M

Verticalement les performances au tapping (nombre de perceptions en 10 sec.)

$\Sigma x'y = 490.5$ $\Sigma x'^2 = 195.25$

$\Sigma y'^2 = 1885$ $\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2 = 368.046$

$\sqrt{\Sigma y'^2 \times \Sigma x'^2} \# 607$

$r = 0,80$

Diagramme de corrélation entre performances au tapping et T·S pour 23 sujets

	14.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	20.5	21	22	23	
64							//					P·A			-14
66							//								-12
67							//								-11
69							//								-9
70							//								-8
71							//								-7
72							//							C.L.L.	-6
73							//		F·R	C·R					-5
74							//								-4
75							//								-3
76							//	H·F		J·C·					-2
77				J·C·T		F·A	~~D·E~~ //	J·C·G							-1
78	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	0
79							//	G·R							+1
80							//	M·D. J.C. J.L.							+2
81					M·C·		~~J·K~~								+3
82				A·L·			//								+4
84							//								+6
85					A·M		//								+7
87				M·H			//								+9
89	R·B						//								+11
91				M·B			//								+13
92				J·G		J·F·B	//								+14
95							//								+17
	-4	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	+0.5	+1	+1.5	+2	+2.5	+3.5	+4.5	

Horizontalement les T·S

Verticalement les performances au tapping

$\Sigma x'y' = 198$. $\Sigma x'^2 = 60,25$

$\Sigma y'^2 = 1153$. $\Sigma x'^2 \times \Sigma y'^2 = 69.468$

$\sqrt{\Sigma y'^2 \times \Sigma x'^2} \# 263$

$r = 0.75$

Signalons que la période d'entraînement intensif sur cette épreuve s'est située en Avril - Mai.

Nous voyons par ces chiffres que la corrélation est d'abord faible entre une épreuve complexe comme la course de 100 m. et le T.M. L'entraînement permet une augmentation importante et progressive de la corrélation. C'est ainsi que le T.M. au début ne représente que 0.05 % de la variance alors qu'il représente 16 % au bout de huit mois d'entraînement.

2°) **CORRELATIONS SUR DES DISTANCES INFERIEURES :**

a) **Course de 60 mètres :** si nous calculons le cœfficient de corrélation T.M. course de 60 m. chez les mêmes sujets en fin d'entraînement nous trouvons un chiffre plus élevé que pour l'épreuve de 100 m. r = . 47 au lieu de r = . 40 ce qui nous montre bien que même après un entraînement systématique de huit mois **l'épreuve de 100 m. est trop longue pour apprécier avec le maximum de saturation le facteur vitesse musculaire.**

b) **Distances inférieures :**

On pourrait penser qu'en diminuant la distance de course la corrélation augmente encore. Il n'en est rien. Après huit mois d'entraînement le coefficient de corrélation entre T.M. et 30 m. est de

r = . 49

C'est-à-dire comparable à la corrélation entre T.M. et 60 m. **Chez des sujets entraînés,** il n'est donc pas utile de raccourcir au-dessous de 60 m. l'épreuve course de vitesse, **la saturation en vitesse musculaire étant à peu près identique dans une course de 60 m. et dans une course de 30 m.**

Mais l'affirmation précédente n'est vraie que si nous nous adressons à des sujets suffisamment entraînés. Si nous tenons compte, non plus des corrélations de fin d'entraînement, mais au contraire des corrélations de début d'année, nous constatons que pour :

T.M. — 30 m. initiaux novembre. . . . . r = . 42
T.M. — 30 derniers mètres. . . . . r = . 16
(30 m. lancés)

En d'autres termes chez des sujets peu entraînés les 30 premiers mètres de course de vitesse présente une saturation importante en rapidité musculaire, les 30 mètres lancés une saturation faible.

L'effet de l'entraînement que nous avons fait subir à nos sujets peut être schématisé de la façon suivante pour ce qui est de l'évolution du cœfficient de corrélation entre T.M. et 30 m. initiaux de course.

Novembre. . . . . r = . 42
Janvier . . . . . r = . 48
Mars . . . . . r = . 48
Mai. . . . . r = . 49

La saturation est donc atteinte presque d'emblée pour une course de 30 mètres.

Au contraire pour les 30 mètres lancés, la saturation maximum en facteur rapidité musculaire n'est obtenue que plus tardivement :

Novembre. . . . . r = . 16
Mars . . . . . r = . 18
Mai . . . . . r = . 46

CONCLUSION :

a) Si l'on veut choisir une épreuve de course ayant comme objet de tester la rapidité musculaire d'un sujet, il faut la choisir d'autant plus courte que le sujet est peu entraîné. La saturation maximum est réalisée presque d'emblée sur 30 m. pour des adultes.

b) L'effet de l'entraînement est minime dans l'augmentation de la corrélation entre T.M. et performances sur 30 m. Au contraire sur 30 mètres lancés, par un entraînement systématiquement conduit la corrélation entre T.M. et la performance en course passe en 8 mois de .16 à .46.

c) C'est à ce moment seulement qu'une course de 60 mètres traduit dans une mesure comparable au test du tapping (47 pour 60 m. . . 42 pour tapping) la rapidité musculaire d'un sujet.

3°) LE FACTEUR RAPIDITE NERVEUSE INTERVIENT-IL SUR DES DISTANCES PLUS COURTES ?

Nous avons déjà signalé que sur 100 m. la corrélation était nulle entre T.S. et vitesse de course. Cependant, il est certain qu'au moment du départ, au coup de pistolet, la rapidité de leur temps de réaction entraîne une mise en action plus prompte de certains coureurs. Mais déjà, au bout de 30 m., distance à laquelle nous avons chronométré nos sujets cet avantage initial peut être annulé.

La corrélation entre T.S. et 30 m. est de . 06 c'est-à-dire que nous ne pouvons en tenir compte, d'après les principes que nous avons formulé.

Notons cependant que les sujets les plus rapides sur 30 m. ont des T.S. plus courts que ceux de la moyenne des sujets. Mais l'inverse n'est pas vrai, à savoir : que tous les sujets qui ont des T.S .courts ne sont pas vites sur les 30 premiers mètres, il faut qu'à cette brièveté du T.S. corresponde un T.M. également favorable et aussi vraisemblablement d'autres facteurs que nous n'avons pas encore évoqués.

CONCLUSION :

Sur une distance de 30 m. la rapidité du temps de réaction simple intervient très faiblement, il n'est plus sensible sur une distance de 60 mètres.

L'épreuve de course de vitesse ne peut donc être considérée que comme un test de rapidité musculaire, contrairement à l'épreuve du tapping qui teste à la fois la rapidité nerveuse et la rapidité musculaire.

D — CONCLUSION SUR LE FACTEUR VITESSE

1 — La mesure des temps de réaction en utilisant une technique permettant de dissocier la mesure du T.M. et du T.D. nous amène à la conclusion qu'**il y a indépendance entre le facteur nerveux et le facteur musculaire** de la vitesse motrice. L'utilisation de l'expression « qualité neuro-musculaire de vitesse » est donc à rejeter car elle est la traduction d'une conception unitaire qui n'est pas vérifiée par les faits.

2 — Nous avons constaté des différences importantes dans la rapidité musculaire de nos sujets. Il est donc important de connaître la valeur de ce facteur pour interpréter les résultats d'épreuves complexes comme les épreuves athlétiques.

3 — Le facteur nerveux de la vitesse apprécié par le T.S., et le facteur musculaire apprécié par le T.M. interviennent tous deux dans la réussite au test du tapping et dans des porportions comparables. Mais ces facteurs semblent jouer de façon indépendante et non de façon additive.

4 — Dans une course de vitesse, au contraire, seule la vitesse musculaire intervient de façon appréciable : Nous n'avons constaté aucune corrélation entre le T.S. et une course de 60 m. L'épreuve de course de vitesse ne peut donc être considérée que comme un test de rapidité musculaire. Sur une distance de 30 m. la corrélation entre performance et T.M. est maximum d'emblée. Ce n'est qu'après entraînement que la corrélation devient appréciable sur des distances supérieures à 30 m.

L'épreuve de course de vitesse peut donc être considérée comme un test de rapidité musculaire lorsque sa distance n'excède pas 30 m., au-delà de 30 m. le degré d'entraînement des sujets modifie considérablement les résultats.

CHAPITRE II

Le Facteur Force Musculaire

A l'issue de l'étude précédente, il nous est apparu que le facteur vitesse devait être envisagé dans son aspect nerveux et dans son aspect musculaire, ces deux aspects étant indépendants l'un de l'autre.

L'étude de la force musculaire peut être également effectuée sous deux aspects :

— un aspect statique ou force isométrique maximum,

— un aspect dynamique ou force instantanée au cours des mouvements.

L'aspect statique de la forme musculaire s'explore au dynamomètre. Notre étude portera uniquement sur le second aspect de la force à **savoir la force déployée au cours des mouvements.** Cependant remarquons que ce vocable **force dynamique ou cinétique** cache des modalités différentes d'utilisation de la force musculaire.

A — OBSERVATION SUR DEUX ASPECTS DE LA FORCE MUSCULAIRE CINETIQUE

La pluralité d'aspects de la force musculaire cinétique est mise en évidence par l'observaton. L'observateur non averti est toujours surpris de voir un sujet remarquablement musclé réussir des performances modestes voire faibles en lancer ; et pourtant les techniciens de l'éducation physique connaissent bien ces sujets dotés d'une grande force dans les exercices en contraction lente et soutenue, mais incapables de la traduire par des performances correspondantes dans le domaine athlétique.

Quelle en est la raison ?

Dans le **travail en « contraction lente »** effectué par un sujet qui tente de déplacer une lourde pierre par exemple, le sujet répartit son effort à son gré, il n'y a aucun impératif relatif au temps et particulièrement relatif au moment où il doit exercer l'effort maximum.

Au contraire **dans le travail en « contraction rapide »,** le facteur durée d'application de la force musculaire prend une grande importance. **L'exemple le plus démonstratif de ce type de force est le lancer d'un poids à une distance maximum.** Dans cette épreuve le problème à résoudre est d'animer le poids d'une vitesse maximum tout en le plaçant sur une trajectoire favorable au moment où l'engin n'est plus soumis à la force musculaire.

L'énergie cinétique dont sera animé le poids au moment du lâcher et dont dépendra la longueur de la trajectoire sera représentée par E = 1/2 m v2

La masse de l'engin est fixe, mais sa vitesse aura une valeur qui sera fonction de l'action exercée par le système musculaire du sujet **traduisant la force musculaire dans des conditions bien particulières de déroulemnt temporel.**

Cet aspect cinétique de la force musculaire est fréquemment mis en jeu dans la pratique sportive particulièrement dans les exercices dits de « détente ».

B — MOYENS D'ETUDE ET OBJET DE L'ETUDE ENTREPRISE

1°) LA NOTION DE « DETENTE » :

Nous nous proposons de comparer le travail **en contraction lente** et le travail **en contraction rapide ou en « détente »,** en utilisant des tests de soulever, de lancer et de saut. Le terme de « détente » n'avait pas été utilisé par BELIN du COTEAU, mais les auteurs contemporains ont pris l'habitude de faire appel à ce facteur pour expliquer la réussite dans certaines épreuves athlétiques.

SUAUDEAU dans méthodes nouvelles d'Education Physique (11) nous rapporte des essais de définition de ce terme détente. La première définition : « **mode de mise en jeu très particulier de l'activité musculaire qui implique à la fois une notion de force musculaire et une notion de rapidité de contraction** » reste assez vague. La seconde plus précise :

« **Mise en jeu instantanée du maximum de puissance musculaire dans le minimum de temps** », nous incite à considérer la détente comme un composé de force et de vitesse.

Nous discuterons cette affirmation et à la suite des résultats de nos tests nous examinerons si le niveau de la performance en **contraction brusque** est fonction de la **force en contraction lente** et de la vitesse motrice ou au contraire s'il y a lieu de faire intervenir **un facteur spécifique pour cette modalité de travail.**

2°) TESTS UTILISES :

a) **Les épreuves de lever** utilisées en haltérophilie nous paraissent propices à comparer les deux aspects de la force musculaire cinétique.

« **le développé** » qui consiste à amener une barre à disques de la position épaulée à la position bras tendus au-dessus de la tête, sans aucun élan, uniquement à la force des extenseurs des bras nous permettra d'effectuer **une mesure de la force en contraction lente.**

« **l'arraché** » est au contraire une épreuve nous permettant d'apprécier la force en contraction brusque ou en détente.

Elle consiste à amener d'un seul temps, une barre à disques placée au sol à la position bras tendus au-dessus de la tête. Cette performance n'est possible qu'en utilisant de façon judicieuse un élan, lequel doit permettre au sujet d'animer la barre à disques d'une vitesse progressive jusqu'à un maximum d'élévation.

Ces deux épreuves constituent nos deux tests de base pour l'appréciation et la comparaison des deux aspects de la force cinétique.

b) **Autres épreuves.**

Nous les avons choisies parmi les épreuves athlétiques, utilisées classiquement pour apprécier la valeur motrice. Il s'agit d'épreuves :

— **de lancer** de poids, selon la technique sportive. Les poids utilisés sont de 5, 6 et 7 kg. 250 correspondant aux poids imposés dans les compétitions officielles organisées par les fédérations d'athlétisme.

Nous confronterons les résultats de ces épreuves aux résultats des tests de lever.

— **de saut** : dans ces épreuves, nous apprécions la force musculaire du train porteur. Là encore des comparaisons pourront être faites avec les épreuves précédentes.

Dans l'ensemble de ces épreuves, il y a lieu de souligner un point commun, il s'agit de vaincre l'inertie d'une masse donnée, et de l'animer d'une vitesse maximum. Cette masse est une masse extérieure ou la propre masse corporelle du sujet.

C — FORCE MUSCULAIRE ET MASSE CORPORELLE

Il est impossible de dissocier en pratique l'étude du **volume musculaire** de celle de l'exploration de la **force musculaire.** Certes le parallélisme n'est pas absolu entre l'hypertrophie musculaire et la force musculaire ; ainsi dans la maladie de THOMSEN une diminution de la force musculaire s'accompagne d'une hypertrophie du muscle ; cependant chez les sujets normaux la corrélation est certaine entre le volume et la masse musculaire et la force.

Il est impossible bien entendu, chez le vivant de mesurer la masse musculaire, mais lorsque l'on est en présence de sujets sportifs dépourvus de panicule adipeux, le poids du corps est en forte corrélation avec la masse musculaire.

Le poids du corps peut donc servir de mesure approchée de la masse musculaire chez nos sujets.

1°) CORRELATIONS ENTRE POIDS DU CORPS ET LEVERS :

Les chiffres obtenus sont les suivants :

Entre Poids corporel et développé .. r = . 55
Entre Poids corporel et arraché .. .. r = . 58

La corrélation est donc assez importante entre le poids corporel et les résultats en lever. Cette corrélation est à peu près identique pour l'épreuve de force en contraction lente et l'épreuve de force en détente.

La force exercée par les sujets, aussi bien en contraction lente qu'en contraction rapide **dépend donc de la masse musculaire.**

2°) CORRELATIONS ENTRE POIDS DU CORPS ET LANCERS

SUAUDEAU écrivait « que le poids du sujet n'avait pas l'importance primordiale qu'on lui accordait quelquefois dans le lancer du poids». Les chiffres que nous obtenons montrent cependant **une corrélation assez importante entre poids du corps et performance de lancers :**

— Poids du corps — lancer 5 kg. r = . 42
» lancer 6 kg. r = . 48
» lancer 7 kg. r = . 55

Cette corrélation est d'autant plus forte que le poids à propulser est plus lourd : pour un poids de 7 kg. 250 la corrélation est aussi forte que pour les épreuves de lever.

Nous pouvons donc conclure que pour nos sujets le poids du corps à autant d'importance dans un lancer de 7 kg. que dans un lever. Ceci nous permet de souligner le paradoxe suivant : en haltérophilie les sujets sont groupés par catégories de poids, or en lancer athlétique où le poids corporel intervient dans la même proportion cette catégorisation n'existe pas.

3°) CORRELATION POIDS-CORPOREL SAUT EN HAUTEUR :

Dans la mesure ou l'épreuve de saut est une épreuve sollicitant la force musculaire, elle doit être influencée par le poids corporel. C'est ce que nous avons voulu contrôler par nos mesures portant sur 3 types de sauts :

Corrélation : poids corporel — saut 2 pieds sans élan . . . . r = . 23
» — saut 2 pieds avec élan . . . . r = . 17
» — saut 1 pied avec élan . . . . r = . 20

L'importance du poids corporel n'est donc pas négligeable en saut en hauteur, mais cette importance est contre balancée par le fait que c'est cette masse corporelle qu'il faut élever. Il n'en reste pas moins **que la réussite en saut présente une corrélation positive avec le poids corporel, corrélation plus faible cependant que pour les épreuves de lever et de lancer.**

Cette corrélation positive dépend bien du poids du sujet et non pas de la taille, car dans notre mesure de l'élévation nous avons utilisé une technique nous permettant d'éliminer l'influence de la taille.

> Dans toutes les épreuves faisant intervenir la force musculaire, il existe une corrélation positive entre la performance réalisée et la masse corporelle. La force est donc fonction de la **masse musculaire.** Il s'agit là d'un aspect quantitif de la force.

D — COMPARAISON ENTRE LA CONTRACTION LENTE ET LA CONTRACTION RAPIDE OU EN DETENTE

I — COMPARAISON ENTRE LES DEUX EPREUVES DE LEVER

Si nous comparons les résultats en « développé » et en « arraché » nous trouvons le coefficient de corrélation suivant :

$$r = .67$$

Ce qui revient à dire que le niveau de la performance dans l'une des épreuves s'explique pour 46 % par la performance dans l'autre épreuve. Connaissant l'une des performances il persiste donc une incertitude de 54 % pour la prévision de la seconde.

II — FORCE LENTE ET FORCE EN « DETENTE » DANS L'EPREUVE DU LANCER DE 6 KG.

Nous avons effectué quatre contrôles au cours de la période d'entraînement : en octobre, décembre, mars, mai. Lors de ces quatre épreuves, nous avons comparé les corrélations entre arraché et développé d'une part, lancer d'autre part. Nous avons constaté ce qui suit :

Lancer 6 Kg. Octobre	- arraché	$r = .40$
	- développé	$r = .45$
Lancer 6 Kg. Décembre	- arraché	$r = .49$
	- développé	$r = .42$
Lancer 6 Kg. Mars	- arraché	$r = .58$
	- développé	$r = .36$
Lancer 6 Kg. Mai	- arraché	$r = .63$
	- développé	$r = .39$

Nous pouvons conclure que le niveau de la performance, chez des sujets peu entrainés, lançant de façon spontanée dépend autant de la force lente

cœfficient de corrélation = . 45

que de la force en détente

cœfficient de corrélation = . 40

L'élévation du niveau moyen des performances :

10 m. en octobre
10,35 m. en décembre
10,80 m. en mars
11 m. en mai

est parallèle à la meilleure utilisation que les sujets font de leur force en détente et qui se traduit par des coefficients de corrélation de plus en plus forts avec l'arraché :

r = . 40 en octobre
r = . 49 en décembre
r = . 58 en mars
r = . 63 en mai

Par ailleurs les coefficients de corrélation entre développé et lancer s'abaissent tout aussi régulièrement pour n'être plus que de . 39 à . 36 à l'issue de la période d'entrainement.

Plus le niveau de performance s'élève, plus la part de la force en détente devient prépondérante, alors que la part de la force lente se réduit.

Notons que cette constatation nous incite à remarquer qu'un test de lancer n'a pas pour le diagnostic des facteurs de la valeur motrice **la même signification selon qu'il porte sur des sujets entraînés particulièrement et rationellement à cette épreuve** ou sur des sujets lançant spontanément et non initiés à l'utilisation de leur force cinétique dans cette épreuve.

III — RAPPORTS ENTRE FORCE LENTE ET FORCE EN DETENTE DANS LES DIFFERENTES EPREUVES DE LANCER

— Dans l'épreuve de lancer de 6 kg. nous avons vu que, au fur et à mesure de l'entraînement la corrélation entre performances et force en détente s'élevait alors que la corrélation entre performances et force lente diminuait. A la fin de l'entraînement les coefficients de corrélation étaient :

r = . 63 lancer/arraché
r = . 39 lancer/développé

— Dans l'épreuve du lancer de 5 kg. nous trouvons des résultats comparables, c'est-à-dire que les corrélations entre lancer d'une part arraché et développé d'autre part sont sensiblement dans le même rapport.

corrélation - lancer 5 kg./arraché . . . . . r = . 56
corrélation - lancer 5 kg./développé . . . . r = . 35

— Au contraire, pour le lancer de 7 kg., la corrélation avec le développé est relativement plus élevée que dans les lancers précédents.

corrélation - lancer 7 kg./arraché . . . . . r = . 58
corrélation - lancer 7 kg./développé . . . . r = . 42

Il semble donc que lorsque la masse à lancer devient trop grande, les sujets ne puissent utiliser au mieux leur force en détente ce qui nuit à la valeur de la performance.

Ceci nous entraîne à formuler la règle suivante :

Il est nécessaire d'utiliser un poids de masse optimum pour pouvoir utiliser au mieux sa force en détente.

E — ROLE DU FACTEUR VITESSE DANS LA FORCE EN DETENTE

La plupart des auteurs font jouer un rôle déterminant à la vitesse dans les exercices faisant appel à la force en détente. C'est ainsi que BELLIN du COTEAU écrit (op. cité).

« La vitesse est une qualité créatrice de force, en ce sens qu'elle met au service de l'effort un influx nerveux extrêmement rapide ».

Nous avons vu que beaucoup appellent détente cette association de « force musculaire et de rapidité de contraction ».

Examinons à la lumière de nos résultats cette affirmation.

I — Rôle de la vitesse dans l'arraché

Il y a lieu rappelons-le d'envisager à part le facteur vitesse musculaire qui se traduit par le T.M. et le facteur vitesse nerveuse qui se traduit par le T.S.

1°) CORRELATION ARRACHE AVEC T.M. ET T.S.

Voici nos résultats :

T.M. — arraché r = + . 05
T.S. — arraché r = — . 12

Nous trouvons donc des corrélations très faibles entre les temps de réaction et les performances de force en détente. Ces corrélations sont à la limite . 12 et même en-dessous . 05 des chiffres que nous avons convenu de prendre en considération.

2°) L'UTILISATION DES NOTIONS D'ARRACHE/KG. ET DE DEVELOPPE/KG.

La petitesse des corrélations s'explique par l'importance que revêt la masse corporelle dans le résultat des levers, alors que ce facteur doit être négligeable dans les épreuves de Temps de réaction. Essayons d'éliminer ce facteur quantitatif de force qu'est la masse musculaire en prenant en considération pour la force lente le développé/kg. pour la force en détente l'arraché/kg. Ces deux chiffres peuvent constituer grossièrement une mesure de la force ramenée à l'unité anatomique, le muscle.

Les nouvelles corrélations obtenues sont les suivantes :

arraché/Kg. — développé/Kg. r = . 51
arraché/Kg. — T.M. r = . 20
arraché/Kg. — T.S. r = — . 32

Ces chiffre confirment les chiffres précédents en les amplifiants et nous pouvons conclure :

Il n'existe qu'une corrélation faible entre T.M. et force en détente et il existe une corrélation négative entre T.S. et force en détente.

Les auteurs ont donc exagéré l'importance de la vitesse dans la capacité de détente.

II — Introduction de la notion d'accélération

La force en détente mesurée par la performance d'arraché s'explique pour 46 % par la force lente mesurée par la performance de développé. Nous savons d'autre part que la valeur du T.M. n'intervient que de façon infime dans cette épreuve. **Pour lever l'incertitude qui subsiste sur le niveau de la performance d'arraché faut-il faire intervenir un facteur spécifique ?**

Lorsque les auteurs comme BELLIN du COTEAU avaient prétendu que « la vitesse était créatrice de force » ils faisaient une utilisation ambiguë du terme vitesse. En effet dans un mouvement rectiligne uniforme la vitesse a un sens bien précis : c'est la distance que le mobile parcourt dans chaque unité de temps.

Nous avons apprécié les T.M. dans des conditions telles que le mouvement segmentaire est sensiblement un mouvement rectiligne uniforme dont la vitesse est donc aisément définissable. Mais ces conditions ne sont plus du tout celles d'un arraché où une masse voisine de la masse corporelle est à mettre en mouvement cette inertie considérable à vaincre place le travail musculaire dans des conditions différentes. En d'autre terme nous n'aurons plus ici un mouvement uniforme, mais un mouvement **uniformément varié** dans lequel la notion de vitesse se présente comme une construction mathématique sans signification expérimentale. Si nous avons l'équation du mouvement

$$x = \frac{1}{2} \alpha^2 + v_0 t + x_0$$

La vitesse à un instant t est la dérivée de x par rapport au temps.

$$v = \alpha t + v_0$$

comme v_0 est nul

$$v = \alpha t$$

Nous voyons alors que la vitesse atteinte à un instant t dépend non pas de la **vitesse possible de contraction des masses musculaires,** mais plutôt de l'accélération α que les masses musculaires sont susceptibles d'imprimer à la masse à mouvoir.

En d'autres termes le maximum de force déployée sera fonction de la possibilité pour le système musculaire d'exercer l'accélération« la plus importante possible pendant toute la durée d'application de la force.

La force en détente fait donc, bien entendu appel à la force potentielle des masses musculaires mises en jeu, mais aussi à une possibilité de répartir dans le temps cette force potentielle de telle sorte que l'accélération imprimée à la masse à mouvoir soit la plus grande possible.

S'il y a une décharge brutale de force correspondant à l'image suggéré par la définition de SUAUDEAU : « maximum de puissance dans le minimum de temps », la contraction maximum des muscles est réalisée initialement, l'effort musculaire sera brisé par l'inertie offerte par la masse à mouvoir et il n'y aura plus de possiblité d'accélération.

III — Etude critique du terme de détente

1) CE TERME PEUT S'APPLIQUER A UNE FORME DE TRAVAIL MUSCULAIRE.

On parle de la détente d'un gaz, de la détente d'un ressort. Il s'agit dans ces deux cas du passage d'une forme d'énergie potentielle (gaz comprimé, ressort raccourci) à une forme d'énergie cinétique. Dans le cas du travail musculaire ce terme peut se justifier en exprimant cette même notion de passage d'une forme d'énergie potentielle à une forme énergie cinétique.

2) MAIS IL Y A LIEU D'ETABLIR UNE DISTINCTION

Dans tous les cas la détente d'un gaz ou d'un ressort est explosive c'est-à-dire que le maximum d'énergie libérée se situe au début de la détente pour s'atténuer progressivement, il y a donc une décélération progressive du mouvement éventuel provoqué.

Une pareille forme de détente peut se manifester au niveau du muscle c'est **une détente explosive.** Mais, et ici nous rejoignons les remarques du chapitre précédent, une détente musculaire est d'autant plus efficace que l'énergie libérée est mieux contrôlée et qu'elle permet de réaliser un mouvemnt d'accélération croissante. Dans ce cas on pourrait parler **d'une détente avec capacité d'accélération.** Alors que la détente explosive est vraisemblablement comme l'avaient vu les auteurs anciens un combiné de vitesse et de force lente.

La détente avec capacité d'accélération met en jeu un facteur spécifique non réductible à la vitesse musculaire.

Ce facteur implique une possibilité de contrôle dans le temps de la force potentielle des muscles.

> **Cette détente avec capacité d'accélération est la capacité de faire passer de l'inertie à la vitesse maximum en un temps donné par accélération progressive soit la masse corporelle soit une masse extérieure.**

Nous pensons que le facteur temporel invoqué est sollicité au maximum dans l'arraché et que ce test présente une grande saturation en ce facteur.

L'arraché / Kg. sera donc une mesure de la détente avec capacité d'accélération.

E — UN AUTRE ASPECT DE LA FORCE : LA DETENTE DANS LES SAUTS EN HAUTEUR

Dans l'épreuve de lancer, nous avions affaire à une épreuve de force cinétique intéressant à la fois le train inférieur pelvien et le train supérieur thoracique ; dans l'épreuve d'arraché, il s'agissait d'une épreuve de force cinétique intéressant

certes le train inférieur, mais surtout le train thoracique. Dans l'épreuve de saut en hauteur, la détente consistera à vaincre l'inertie de sa propre masse corporelle et seul le train porteur est mis en jeu.

Ces distinctions sont importantes à faire si l'on admet la validité de la **théorie de THOORIS sur la prédominance possible de l'un des trains soit pelvien soit thoracique, chez un athlète.**

I — Moyen d'étude de la détente en saut en hauteur

Les sauts classiquement utilisés comme tests en éducation physique, imités des sauts réalisés par les champions sportifs, ont le gros inconvénient d'être très complexes et de faire interférer des facteurs très divers. Aussi les résultats sont-ils inanalysables et ne permettent-ils pas de tirer des conclusions sur les facteurs que l'on veut diagnostiquer cher les élèves.

C'est la raison pour laquelle nous nous sommes adressés à des tests beaucoup plus simples que nous avons d'ailleurs comparés aux sauts sportifs.

Dans tous les tests utilisés nous avons éliminé le facteur taille des sujets en évitant de juger une hauteur de franchissement, mais au contraire en appréciant l'élévation du centre de gravité.

Pour cela nous avons mesuré la hauteur du plan horizontal que peut atteindre le sujet lorsqu'ayant les pieds au sol il étend le bras droit au maximum. Lors de tous les sauts qu'il effectuera le sujet essaiera d'atteindre de la main le plan horizontal le plus élevé possible, matérialisé par une barre de saut que l'on élève progressivement.

Il suffit de faire la différence entre la hauteur atteinte lors du saut et la hauteur touchée au repos, pour connaître l'élévation du sauteur. Ainsi le facteur taille n'intervient pas et la mesure obtenue, traduit de façon fidèle « l'intensité de l'appel » donc la force cinétique mise en jeu par le sujet lors de son saut. Les 3 modalités suivantes de saut ont été effectuées par les sujets :

— saut sans élan appel 2 pieds,
— saut avec élan appel 2 pieds,
— saut avec élan appel 1 pied.

II — Comparaison entre force cinétique dans l'arraché et force cinétique dans l'appel de saut

1°) CORRELATIONS ARRACHE ET ARRACHE/KG. AVEC LES APPELS

Voici les chiffres obtenus :

Arraché - appel 2 pieds sans élan . . . . . r = . 54
Arraché - appel 1 pied avec élan . . . . . r = . 40
Arraché - appel 2 pieds avec élan . . . . . r = . 39

Connaissant l'influence limitée du poids des sujets dans la performance en saut, en calculant les corrélations non plus par l'arraché mais pour l'arraché/Kg, on doit trouver des chiffres très voisins et on aura l'avantage d'avoir une mesure indépendante de la masse corporelle. Les calculs confirment ces prévisions :

Arraché/Kg. appel 2 pieds sans élan . . . . . r = . 53 (v. diagramme p. 60)
Arraché/Kg. appel 2 pieds avec élan . . . . . r = . 39
Arraché/Kg. appel 1 pied avec élan . . . . . r = . 39

L'épreuve de saut qui semble refléter le plus fidèlement la force en détente des membres inférieurs est le saut sans élan appel 2 pieds dont la corrélation avec l'arraché/K. que nous avons jusqu'alors considéré comme une bonne mesure de la détente avec capacité d'accélération est de . 53.

2°) IMPORTANCE DE LA DISTINCTION MORPHOLOGIQUE DES DEUX TRAINS

L'arraché/Kg. est une mesure de la détente à la fois du train inférieur, mais surtout du train supérieur. Il est fonction de deux facteurs :

— la force de contraction lente au niveau du train supérieur (coeff. de corrélation développé Kg. - arraché Kg = . 51).

— la possibilité d'animer la masse à soulever d'une vitesse croissante (capacité d'accélération).

En vertu de la prédominance possible de l'un des « trains » selon la théorie de THOORIS, il faut envisager une absence de corrélation entre force de contraction lente au niveau du train inférieur et au niveau du train supérieur. C'est ce que confirme le calcul des corrélations entre

développé/Kg - appel 2 pieds sans élan = 0

L'examen du diagramme d'intercorrélation page 60 nous permet de remarquer des sujets dont la prédominance est accusée :

A.L... longiligne à prédominance du train inférieur est inférieur à la moyenne pour l'arraché/Kg. mais réalise la meilleure performance au saut en hauteur.

Inversement J.C. et R.C. sont deux brévilignes à prédominance du train supérieur qui, à l'arraché réalisent une bonne performance mais sont très faibles en saut.

Il résulte de ces considérations que la corrélation existant entre développé/kg et saut 2 pieds sans élan est due uniquement au deuxième facteur de la force en détente **la capacité d'accélération qui dépend du système nerveux et qui n'obéit pas à la prédominance des trains.**

Diagramme de corrélation entre l'arraché/Kg et le saut appel deux pieds

	52	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	67	68	69	70	71	72	74	75	76
0.59		J.K																		
0.60					H.F															
0.63			D.C.																	
0.64				P.A																
0.65	J.C.G											D.E								
0.67				C.P																
0.69																				
0.70							B.B	J.F.B		J.C.L.										
0.71					P.D.															
0.72										A.M.										
0.73					G.H				M.T		H.L.									A.L.
0.74	J.G. M.H.																			
0.75							C.L.													
0.76								M.B	J.P.G											
0.77	//	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
0.78				F.A							C.L.L.				M.D.		R.A			
0.79										J.P.H										
0.80	J.C.	R.C.			J.M.										G.G.					
0.81																J.P.P.				
0.82															A.M.			J.L.		
0.83									M.B			M.C.	J.L.	M.C.						
0.84													J.C.R							
0.85												D.G								
0.88												R.F.							F.R.	
0.90													C.L.							
0.91											H.L.									J.G
0.92														J.C.						
0.93									C.R.											

Horizontalement : l'élévation par appel deux pieds sans élan exprimée en centimètres.

Verticalement : l'arraché par Kg. de poids corporel.

Pour confirmer cette façon de voir, nous avons imaginé de prendre comme mesure de ce facteur capacité d'accélération l'écart en + ou en — existant pour chaque sujet entre la performance d'arraché et de développé. Plus la performance d'arraché surpasse celle du développé, plus cette maîtrise de la force potentielle dans le temps doit être développée.

Le coefficient de corrélation existant entre la différence arraché-développé et le saut appel 2 pieds sans élan est grande, il atteint :

$r = .61$ (voir diagramme ci-dessous)

Diagramme de corrélation entre : saut appel deux pieds sans élan et différence arraché - développé

	-10	-7·5	-5	-2·5	0	+2·5	+5	+7·5	+10	+12·5	
52		J·C·G									-12
56	J·K	M·H	J·G	J·C·							-8
57		D·C·	R·C·								-7
58	P·A			F·A			C·P.				-6
59	H·F				G H	P·D.					-5
60						J·M.					-4
61				B·B. C·L.							-3
62		M·B.	J·F·B			C·R		R·B			-2
63			J·P·G	M·T	M·B						-1
64			J·C·L·	A·M.	J·P·H						0
65		H·L·				H·L. C·L·L·					+1
67			D·E· D·G·	R·F·	M·C·						+3
68						J·L·		C·L·	J·C·R		+4
69					M·C·	J·C·					+5
70								M·D. G·G.		A·M.	+6
71								J·P·P			+7
72					R·A						+8
74									J·L·		+10
75				F·R·							+11
76							A·L·	J·G			+12

Horizontalement : arraché - développé exprimée en Kg.

verticalement : élévation par appel deux pieds.

Ceci nous permet de conclure que le saut appel 2 pieds sans élan est un test permettant de **mesurer la force en détente avec capacité d'accélération au niveau du train porteur.**

III — Rôle de la vitesse dans la force en détente des membres inférieurs

Rappelons que nous avons trouvé une corrélation positive faible r = . 20 entre T.M. et arraché/Kg et une corrélation négative entre T.S. et arraché/kg r = — . 32

L'identité de signification du saut appel 2 pieds quant à la détente doit nous amener à trouver des corrélations du même ordre avec T.M. et T.S.

Ceci est pleinement confirmé pas nos résultats :

T.M. appel 2 pieds sans élan . . . . . r = + . 31
T.S. appel 2 pieds sans élan . . . . . r = — . 28

F — TEMPS SIMPLE ET FORCE EN DETENTE

Nous avons trouvé rappelons-le une corrélation négative entre T.S. et les épreuves de force en détente que nous avons étudiées jusqu'à présent

T.S. arraché/kg. . . . . r = — . 32
T.S. 2 pieds sans élan . . . . r = — . 28

Cette corrélation négative se retrouve dans toutes les épreuves où intervient la force en détente

Sauts	T.S. appel 1 pied élan	Octobre	r = — . 34
	T.S. saut sportif	Octobre	r = — . 33
Lancers	T.S. - lancer 6 kgs	Octobre	r = — . 17

Mais il est bon de remarquer que dans ces dernières épreuves complexes cette corrélation s'annule après entraînement. C'est ce que nous avons constaté lors de la prise de performance de Mai

T.S. appel 1 pied . . . . Mai r = 0
T.S. saut sportif. . . . . Mai r = 0,09
T.S. lancer 6 kg. . . . . Mai r = 0

G — CONCLUSION SUR LE FACTEUR FORCE

1. — La force musculaire en contraction cinétique se manifeste sous deux aspects : une **force se manifestant lors de contractions lentes et une force se développant en détente.**

2. — Ces deux types de force sont fonction de la masse musculaire, donc de la masse corporelle chez nos sujets athlétiques. L'épreuve de développé est une mesure de la force en contraction lente au niveau du train supérieur, l'épreuve d'arraché est au contraire une mesure de la force en détente.

3. — La force en détente peut se manifester sous deux aspects :

— un aspect brusque de **détente explosive** justifiant la définition rapportée par SUAUDEAU « Maximum de puissance dans le minimum de temps ».

— un aspect plus progressif qui ne dépend pas de la vitesse musculaire du sujet mais d'un facteur nerveux spécifique assurant **le dosage dans le temps de la force musculaire mise en jeu.** Il en résulte une possibilité d'accélération progressive du mouvement en cours d'exécution.

4. — **La détente avec capacité d'accélération** est cet aspect particulier de la force musculaire qui permet de faire passer en un temps donné de l'inertie à la vitesse maximum une masse à mouvoir.

Cette forme de détente s'oppose donc à la détente explosive dans laquelle toute la force potentielle disponible est mise en jeu d'emblée et qui n'est efficace que lorsque la masse à mobiliser est peu importante.

5. — Chez nos sujets nous devons distinguer des types à prédominance du « train supérieur » ou à prédominance « du train inférieur » résultant de l'inégalité de force potentielle, le facteur nerveux de la détente n'obéissant pas à la loi de prédominance.

6. — Remarquons que tous les tests de détente sont en corrélation négative avec le temps simple.

CHAPITRE III

Interprétation des résultats de certaines épreuves athlétiques à partir des données précédentes

Dans les chapitres précédents nous avons tenté d'analyser quelques-uns des facteurs mis en jeu dans certains tests psycho-techniques et athlétiques. Les facteurs qui ont fait l'objet de notre étude sont :

— le facteur vitesse musculaire qui s'exprime par le « **temps moteur** ».

— le facteur vitesse nerveuse de réaction simple qui s'exprime par le **« temps simple ».**

— le facteur force en contraction lente qui s'exprime pour les membres supérieurs par le développé et le développé Kg.

— la puissance de détente avec capacité d'accélération qui s'exprime par l'arraché/Kg pour les membres supérieurs, par l'appel 2 pieds sans élan pour les membres inférieurs.

Si nous consultons le tableau que nous avons établi page 24, nous constatons que les quatre facteurs que nous venons d'énumérer n'y occupent qu'une place réduite.

De nombreuses expérimentations devront être entreprises, et de nombreux tests moteurs imaginés pour pouvoir disposer des instruments nécessaires à une analyse plus complète des capacités motrices.

Nous allons cependant utiliser nos premiers résultats pour examiner dans quelle mesure les épreuves classiques athlétiques du lancer de poids, du saut en hauteur et de la course de vitesse permettent une appréciation sur la vitesse musculaire et « la détente » des sujets.

A — ANALYSE DU LANCER DE POIDS

I. — FORCE EN DETENTE ET LANCER DE POIDS

Rappelons les résultats obtenus :

arraché-lancer 6 Kg.	Mai	r = 0.63
arraché-lancer 7 Kg.	Mai	r = 0.58
arraché-lancer 5 Kg.	Mai	r = 0.56

Exprimons les résultats en arraché/Kg. ce qui élimine le rôle du facteur masse corporelle important dans la réussite de ces 2 épreuves

arraché/Kg. - lancer 6 Kg. r = 0.40
» lancer 7 Kg. r = 0.35
» lancer 5 Kg. r = 0.38

Ces chiffres traduisent la part qui revient au facteur force en détente dans la réussite aux différents lancers pour nos sujets après 8 mois d'entraînement.

II. — LA PART DE LA VITESSE MUSCULAIRE DANS L'EPREUVE DU LANCER DE 6 KG.

La plupart des théoriciens de l'éducation physique, de même que les entraîneurs sportifs admettent que les meilleurs sujets en lancer sont les sujets « forts et vites ». Nous avons distingué la différence qu'il fallait faire entre force lente et force en détente et nous avons montré que c'était cette dernière qui était la plus utilisable dans le bon rendement en lancer. Mais nous avons vu par ailleurs que la corrélation était minime entre la vitesse musculaire et l'arraché/Kg. (r = . 20) traduisant la détente avec capacité d'accélération.

Nous allons étudier ici la part qui revient à ce facteur vitesse à côté du facteur détente dans la performance en lancer.

Voici les résultats donnés par le calcul de corrélation pour le lancer de 6 Kg.

T.M. — 6 Kg. Octobre . . . . . r = . 38
T.M. — 6 Kg. Mars . . . . . r = . 27
T.M. — 6 Kg. Mai . . . . . r = . 23

1°) **La corrélation entre T.M. et lancer de 6 Kg. est nettement plus forte qu'entre T.M. et arraché (r = 0.05).**

Il semble donc que lorsque la masse à mouvoir diminue le facteur vitesse musculaire devient plus important.

2°) **La corrélation entre T.M. et lancer de 6 Kg. décroît progressivement au cours de l'entraînement et parallèlement à l'élévation du niveau des performances.**

Rappelons que la corrélation entre le développé et le lancer diminue également au cours de l'entraînement. Cette diminution simultanée des corrélations des T.M. et développé alors que s'élève la corrélation entre arraché et lancer signifie que l'entraînement a pour effet de substituer **à une détente explosive** (force plus vitesse), **une détente avec accélération progressive** dans laquelle le **facteur vitesse s'efface devant le facteur nerveux assurant la meilleure répartition temporelle de la force potentielle.**

3°) **Le rapport entre la masse à lancer et la masse corporelle influe sur l'utilisation de la vitesse.**

Nous avons déjà souligné l'importance du facteur masse corporelle dans le résultat d'un lancer. A cet égard signalons que nos sujets ont un poids corporel allant

de 61 kg. à 86 kg. 500

Le lancer d'un poids de 6 Kg. ne représente pas pour tous la même difficulté. Il est à prévoir qu'un sujet de 61 Kg. lançant une masse représentant le 1/10e de son propre poids ne pourra pas utiliser aussi bien sa vitesse motrice qu'un sujet plus lourd. C'est la raison pour laquelle nous pensons que la corrélation que nous obtenons entre T.M. et lancer de 6 Kgs Mai (r = . 23) est trop faible et tient à ce que nous avons comparé des sujets trop différents. Etablissons alors une nouvelle corrélation en ne conservant que des sujets dont le poids est compris entre 68 et 78 Kg. Le nombre de nos sujets passe ainsi de 52 à 29. La corrélation T.M. lancer 6 Kg. devient alors

r = . 44

Lorsque l'on compare des sujets de poids voisin, la corrélation entre leur performance de lancer et leur T.M. devient plus forte. Pour notre groupe elle passe de . 23 à . 44.

III. — IMPORTANCE RELATIVE DU FACTEUR VITESSE MUSCULAIRE DANS LE LANCER DES POIDS DE 5 KG., 6 KG., 7 KG. 250.

La corrélation globale que nous avons obtenue entre T.M. et lancer de 6 Kg. est assez faible :

r = . 23

Cette corrélation devient plus forte lorsque nous comparons des sujets de poids moyen :

r = . 44

Nous en avons conclu que le rapport entre masse corporelle et masse à lancer influe sur la plus ou moins bonne utilisation de la vitesse motrice du sujet.

1°) **La vitesse est-elle de mieux en mieux utilisée au fur et à mesure que le poids à lancer devient plus faible ?**

Nous avons tenté de vérifier cette hypothèse en comparant les résultats de nos sujets de 68 à 78 Kg. dans les lancers de 6, 5 et 7 Kg. Nous avons constaté les résultats suivants :

T.M. - lancer de	5 Kgs.	corrélation	r = . 30
T.M. - lancer	6 Kgs.	»	r = . 44
T.M. - lancer	7 Kgs.	»	r = . 21

Il apparaît qu'il existe un rapport optimum entre masse à lancer et poids corporel du sujet permettant d'arriver à l'utilisation maximum de sa vitesse musculaire.

Lorsque le rapport décroît par diminution de la masse à propulser, le sujet ne peut utiliser sa vitesse motrice de façon satisfaisante. L'utilisation de la vitesse motrice est encore moins bonne lorsque la masse à propulser augmente.

Cette notion de l'optimum de charge a déjà été mise en évidence par les travaux de HILL.

2°) **Vérification de cette règle de l'optimum de la charge.**

Pour cela nous allons nous adresser à nos sujets de moins de 68 Kg. au nombre de 15, et à ceux de plus de 78 Kg. au nombre de 8. Remarquons que le petit nombre de sujets ne se prête pas à une étude statistique valable, mais si les résultats que nous obtenons confirment la règle précédemment émise, la probabilité de validité devient très grande.

Corrélations observées entre T.M. et lancers 5 et 6 Kg. pour les sujets de moins de 68 Kg. :

T.M. 5 Kg. r = . 39
T.M. 6 Kg. r = . 27

Pour les sujets légers l'otimum d'utilisation de la vitesse est donc obtenu pour le poids de 5 Kg.

Corrélations observées entre T.M. et lancers de 6 Kg. et 7 Kg. 250 pour les sujets de plus de 78 Kg. :

T.M. 7 Kg. r = . 38
T.M. 6 Kg. r = . 20

Nous pouvons donc affirmer que la meilleure utilisation de la vitesse motrice est obtenue lorsque la masse à lancer se trouve dans un rapport d'environ 1/12e avec la masse corporelle.

Il existe donc une masse optimum de lancer permettant à chaque sujet d'utiliser au mieux sa vitesse motrice.

La conclusion qui s'impose est que, si l'on veut comparer des sujets sur une épreuve de lancer en tant que contrôle des résultats en Education Physique ou comme moyen de diagnostic des facteurs de motricité, cette comparaison ne peut être valable que si la masse à lancer par les sujets est dans le même rapport avec leur masse corporelle. Ce rapport doit être voisin de 1/12e.

IV. — CORRELATION ENTRE T.M., ARRACHE/KG., DEVELOPPE/KG. D'UNE PART, LANCER D'UN POIDS EQUIVALENT AU DOUZIEME DU POIDS DU CORPS D'AUTRE PART.

Nous avons vu que pour comparer les résultats des sujets en lancers, il fallait que la masse à propulser soit dans un certain rapport avec leur propre masse corporelle.

Cette condition sera réalisée en comparant l'ensemble des performances de nos 52 sujets de la façon suivante :

— les sujets de moins de 68 Kg. lanceront le poids de 5 Kg.

— les sujets de 68 à 78 Kg. lanceront le poids de 6 Kg.

— les sujets de plus de 78 Kg. lanceront le poids de 7 Kg.

les Résultats sont les suivants :

T.M. - lancer	r =	. 45	(vitesse)
arraché/Kg. - lancer	r =	. 54	(détente)
développé/Kg. - lancer	r =	. 19	(force en contraction lente)

CONCLUSION

1. — Chez des sujets peu entraînés la performance d'un lancer est en bonne corrélation avec la force en contraction lente et la vitesse motrice.

2. — L'entraînement a pour effet de faire progresser les sujets ; parallèlement la corrélation entre lancer-arraché/Kg. mesurant la détente avec capacité d'accélération devient plus grande, alors que la corrélation T.M.-lancer diminue ainsi que la corrélation lancer-développé/Kg.

3. — Si nous comparons nos sujets en faisant lancer un poids égal au 1/12e du poids du corps nous constatons que

— **la force en détente** intervient pour 30 % dans le niveau de la performance.

— le T.M. intervient pour 20 %.

— la force en contraction lente n'intervient que comme composante de la force en détente.

B — ANALYSE DU SAUT EN HAUTEUR

L'épreuve de saut en hauteur utilisée comme test dans les examens est la même que celle qui est pratiquée dans le domaine sportif. Nous allons nous demander qu'elle est sa signification et ce qu'elle permet d'apprécier comme facteurs de la valeur motrice.

Rappelons que l'épreuve de base que nous avons choisie **pour mesurer la détente du train inférieur après analyse de nos résultats est le saut appel deux pieds sans élan.**

I. — PART DE LA DETENTE DANS LE SAUT SPORTIF REALISE A LA FIN DE L'ENTRAINEMENT.

Se mesure par la corrélation entre appel 2 pieds sans élan et saut sportif

$r = .56$

Notons que la corrélation entre arraché/Kg. et saut sportif n'est que de :

$r = .16$

Ceci s'explique, rappelons-le, par la notion de prédominance des trains.

II. — IMPORTANCE DE LA TAILLE DANS LE SAUT SPORTIF :

Nous apprécions le niveau de performance dans le saut appel deux pieds par l'élévation du centre de gravité ; dans le saut sportif par le franchissement d'une barre. La hauteur initiale du centre de gravité, c'est-à-dire la taille du sujet intervient donc obligatoirement dans le saut sportif.

La corrélation existante est de :

$r = .38$

III. — ROLE DU FACTEUR VITESSE MUSCULAIRE DANS LE SAUT SPORTIF :

Comparons les corrélations que nous avons trouvé entre T.M. et les différents sauts étudiés.

T.M. - 2 pieds sans élan .. .. $r = .31$
T.M. - 1 pied avec élan .. .. $r = .39$
T.M. - 2 pieds avec élan .. .. $r = .45$
T.M. - saut sportif .. .. $r = .20$

Il est visible que le facteur vitesse joue dans le saut sportif un rôle minime, et ce rôle est pour une grande parti pris en considération dans la corrélation entre appel 2 pieds/saut sportif ($r = .56$).

IV. — IMPORTANCE DE LA MAITRISE DU BASSIN DANS LE PASSAGE DU SAUT APPEL DEUX PIEDS AU SAUT APPEL UN PIED.

Le coefficient de corrélation entre saut deux pieds sans élan et saut un pied avec élan est :

$r = .61$

Quels sont les sujets qui n'arrivent pas à atteindre à l'appel un pied le niveau de l'appel deux pieds sans élan ? — Le rôle du facteur vitesse musculaire est plus important dans tous les sauts avec élan.

Appel 2 pieds sans élan .. .. $r = .31$
Appel 1 pied avec élan .. .. $r = .39$

mais ceci n'explique pas les différences constatées. Il nous apparaît qu'une des principales causes d'écart soit les inégalités dans **la maîtrise du bassin.**

Dans le saut appel un pied la détente d'une jambe s'exerce sur l'ensemble du corps par l'intermédiaire de la ceinture pelvienne, or si l'os coxal est fixé solidement au sacrum il n'en reste pas moins que dans le sens antéro-postérieur le bassin peut être animé de mouvements de bascule. Lorsque la fixation du bassin est mauvaise, il y a à ce niveau une déperdition des forces qui ne se transmettent donc pas au tronc. Les causes de mauvaise fixation du bassin sont nombreuses : sujets inéduqués ne sachant pas faire intervenir les muscles fixateurs, sujets hypotoniques. Mais une des causes les plus faciles à mettre en évidence est la souplesse de la charnière lombaire qui entraîne une inversion du bassin au moment de la poussée de la jambe d'appel.

Nous avons calculé la corrélation négative, entre la souplesse lombaire appréciée cliniquement et notée pour chaque sujet et l'écart entre saut appel un pied - appel deux pieds sans élan. Cette corrélation n'est pas négligeable.

$$r = -0.34$$

V. — CORRELATION APPEL UN PIED - SAUT SPORTIF.

Cette corrélation est grande :

$$r = .71$$

Le haut degré de prévisibilité d'un saut sportif à partir du simple élevé appel un pied est donc un élément très important. Ce qui nous permet d'énumérer les facteurs de réussite d'un saut sportif.

Elévation par appel 1 pied . . . . . 49 %
Taille du sujet . . . . . 15 %

Reste 36 % que l'on peut attribuer au facteur coordination et équilibre en suspension qui permettent de passer rationnellement les segments au-dessus de la barre.

L'élévation par appel un pied est elle-même fonction de :

— La capacité de détente du sujet r = . 61 soit 36 %.
— La maîtrise du bassin grâce à certains facteurs morphologiques et de contrôle neuro-musculaire.
— La Synergie d'action de la jambe d'appel et de la jambe libre.

C — ANALYSE DE LA COURSE DE VITESSE

I. — PART DE LA VITESSE MUSCULAIRE DANS LE RESULTAT D'UNE COURSE DE VITESSE :

Cette part varie avec la longueur de la course et avec le degré d'entraînement des sujets.

Corrélation T.M. courses de vitesse après entraînement :

T.M. - 30 m. . . . . r = . 49
T.M. - 60 m. . . . . r = . 47
T.M. - 100 m. . . . . r = . 40

Rappelons que la saturation maximum en vitesse musculaire est atteinte d'emblée pour les 30 premiers mètres de course :

T.M. - 30 m. Octobre . . . . . r = . 42
T.M. - 30 m. Mai . . . . . r = . 49

Au contraire ce n'est que par l'entraînement que les sujets peuvent utiliser leur vitesse motrice dans les fractions suivantes de course :

T.M. - 30 m. lancé Novembre. . r = . 16
T.M. - 30 m. lancé Mai . . r = . 46

Soulignons la part modeste que joue la vitesse musculaire dans la réussite en course de vitesse, part comparable à celle qui intervient dans le lancer (lorsque l'on prend la précaution de faire lancer un poids approprié au poids corporel du sujet).

r = . 45 pour lancer
r = . 49 pour une course de 30 m.

II. — ROLE DE LA DETENTE EN COURSE DE VITESSE :

25 % de la variance en course de vitesse est apréciée par le T.M. La course de vitesse étant faite d'une série de bonds et la longueur de ces bonds intervenant dans la performance,

(Corrélation longueur foulée — 30 m. lancés = . 40)

nous avons immédiatement pensé que la puissance de détente des membres inférieurs devait intervenir dans la réussite en course de vitesse.

Voici les résultats trouvés :

Saut 2 pieds sans élan - 30 m. initiaux Mai .. r = . 53
Saut 2 pieds sans élan - 30 m. lancés Mai .. r = . 65

Il apparaît donc que l'importance de la détente du train inférieur est grande en course de vitesse : 42 % de la variance pour les 30 m. lancés.

Mais remarquons que cette importance de la détente ne se manifeste de façon aussi évidente qu'après huit mois d'entraînement spécialement orienté dans ce but. Il nous est malheureusement impossible de comparer les chiffres de début, car l'importance du test saut appel 2 pieds sans élan ne nous est apparu qu'en cours d'entraînement et nous ne l'avons pas fait passer à nos sujets au début de l'année.

Il nous est cependant possible d'apprécier plus grossièrement l'importance de l'entraînement dans l'amélioration de l'utilisation de la détente en course de vitesse.

Au début nous prenions comme mesure de la détente, sans tenir compte de la prédominance des trains, l'arraché/Kg et nous avons constaté que la corrélation entre arraché/Kg - 30 m. initiaux passait de

r = . 25 en Janvier
à r = . 40 en Mai

Il n'y a aucune raison de douter que cette évolution ne soit pas comparable lorsque l'on prend comme mesure de la détente l'appel deux pieds sans élan.

D — CONCLUSION

1. — Les épreuves classiques athlétiques souvent utilisées pour l'appréciaton de la valeur motrice ne sont démonstratives que si elles sont pratiquées par des sujets **particulièrement entraînés.**

2. — L'entraînement ne consistera pas à répéter inlassablement les mêmes gestes comme il est trop courant de le voir, mais à trouver des moyens éducatifs soit pour améliorer les facteurs mis en jeu, soit pour permettre à l'individu de les utiliser au mieux de ses possibilités dans les épreuves envisagées. Pour arriver à ce résultat, il faudra parallèlement améliorer la prise de conscience segmentaire et développer l'adresse.

3. — Dans ces conditions les épreuves athlétiques décrites permettent d'apprécier deux des qualités que nous avons étudiées ici :

— **la vitesse motrice** 25 % de la variance d'une course de 30 m. (portion initiale).
20 % de la variance d'un lancer d'un poids égal au 1/12e du poids du corps.

— **la détente :** 42 % de la variance dans une course de 30 m. lancés.
30 % de la variance dans le lancer.
32 % de la variance dans le saut en hauteur sportif.

4. — L'ensemble des facteurs vitesse musculaire et force en détente avec accélération intervient dans les proportions suivantes dans la réussite aux épreuves choisies :

en lancer	T.M. = 20 % Détente = 30 %	soit 50 % de la variance
en course de 30 m. lancé	T.M. = 20 % Détente = 42 %	soit 62 % de la variance
En saut :	Détente	32 % de la variance

5. — **CONSEQUENCES PRATIQUES :**

a) Une bonne mesure globale de l'ensemble **des deux facteurs vitesse musculaire, détente est donnée par le 30 m. lancé.**

b) La mesure de la détente du train inférieur sera donnée par **l'appel deux pieds sans élan.**

c) La mesure de la détente du train supérieur associée à celle du train inférieur sera fournie par **l'arraché ou l'arraché/Kg.**

d) La mesure de la vitesse motrice sera donnée par **le temps moteur.**

e) Nous réserverons les épreuves de lancer et de saut avec élan pour l'appréciation d'autres qualités essentiellement psycho-motrices d'adresse.

Remarque : Toutes ces considérations ne valent que si ces épreuves s'adressent à des sujets entraînés et éduqués, sinon les résultats sont impossibles à interpréter.

TROISIEME PARTIE

Interprétation de nos résultats d'un point de vue physiologique

Les tests que nous avons utilisés nous ont amené à envisager la contraction musculaire chez le vivant sous plusieurs aspects :

— **une contraction musculaire de vitesse maximum** en ayant à vaincre la seule résistance du segment mobilisé. La vitesse de cette contraction musculaire est **appréciée par le Temps moteur.**

— **un contraction musculaire en force lente** au cours de laquelle la résistance à vaincre est voisine des possibilités maxima du sujet.

— **une contraction musculaire de force en détente** qui peut revêtir deux formes :

  — une forme en **détente explosive**

  — une forme en **détente avec accélération progressive.**

Il est certain que chacun de ces aspects du fonctionnement neuro-musculaire fait appel à des mécanismes physiologiques très différents.

CHAPITRE I

Rappel sur la physiologie musculaire à la lumière des travaux récents.

I — RAPPORT ENTRE ELEMENTS ELASTIQUES ET ELEMENTS CONTRACTILES DU MUSCLE

Un muscle ou même une fibre isolée ne représente pas de la substance contractile à l'état pur. Les propriétés contractiles du muscle sont modifiées par les caractéristiques élastiques : lors de la contraction musculaire les structures contractiles sont activées précocement, mais cette activation ne se transmet que beaucoup plus lentement à la résistance à vaincre par suite de l'interposition des éléments élastiques qui amortissent les manifestations de l'activité des structures contractiles. Nous retiendrons alors le schéma de HILL pour représenter les relations entre le mécanisme contractile et les éléments élastiques. Mais les éléments élastiques du muscle sont eux-mêmes de deux types :

— des éléments en série avec le mécanisme contractile et siégeant dans la fibre elle-même.

— des éléments élastiques en parallèles intervenant surtout lorsque le muscle est en repos, les structures contractiles étant alors relâchées. De nombreux auteurs (HILL 1952 (12) BUCHTAL - KAISER et KNAPPEIS 1944) admettent que ces éléments élastiques « en parallèle » sont représentés :

— aux grandes longueurs par le sarcolemme et les enveloppes conjonctives du muscle. L'ensemble ayant une **élasticité de type normale ou cristalline.**

— d'autre part par l'élasticité propre de la structure contractile présentant **une thermo-élasticité** de même type que celle du caouchouc.

II — DONNEES ELECTROMYOGRAPHIQUES

1°) DONNEES GENERALES :

L'on sait maintenant que la contraction musculaire chez le vivant n'est pas analogue à un tétanos obtenu au laboratoire au cours duquel toutes les unités motrices se contracteraient à un rythme élevé. Il faut au contraire considérer la rétraction continue d'un muscle fonctionnant chez le vivant comme le résultat de l'activité asynchrone des différentes unités motrices, chacune d'entre elles se contractant à un rythme propre.

L'électromyographie permet d'étudier l'activité électrique des muscles soit sous une forme globale (électromyographie globale), soit en analysant l'activité de quelques unités motrices (électromyographie élémentaire).

a) **L'électromyographie élémentaire** avec aiguilles de BRONK précise la façon dont les activités élémentaires d'unités motrices interviennent dans une contraction musculaire.

b) **L'électromyographie globale** décèle l'activité d'une portion importante de muscle, voire d'un muscle entier. Elle donne de plus des renseignements sur la durée, l'intensité, le moment d'installation et de cessation de la contraction musculaire.

Les données électromyographiques sont donc extrêmement précieuses pour étudier les différents aspects que prend la contraction musculaire chez le vivant.

Cependant il faut savoir que l'électromyographie a des limites : lorsque l'on s'adresse à une contraction musculaire vive et puissante, on obtient une courbe d'interférence difficile à analyser, et il devient très difficile, sinon impossible d'établir une relation quantitative entre un courbe d'interférence donnée et la force de la contraction musculaire qu'elle traduit.

2°) PART DES MECANISMES TEMPORELS ET SPATIAUX DANS LA GRADUATION DE LA CONTRACTION VOLONTAIRE.

Deux processus peuvent se produire dans la graduation de la contraction volontaire :

— une augmentation de la fréquence de contraction des unités motrices en action : **sommation temporelle.**

— une augmentation du nombre des unités actives : **sommation spatiale.**

Comme chacun de ces processus peut à lui seul augmenter la force développée par le muscle, le problème se pose de savoir comment est réalisée dans les différents cas qui nous intéressent la graduation de la contraction musculaire.

A ce point de vue, nous sommes en présence de données très variées : Alors que pour les uns (GUALTIEROTTI et MILLA 1942), le rythme de l'unité motrice est constant quelle que soit la tension, pour la plupart des auteurs, la fréquence de contraction des unités motrices augmente avec la tension.

Pour MARX (13) Thèse 1948) on peu distinguer quatre types de réponse des unités motrices lors de l'augmentation de tension musculaire.

1. — La fréquence reste constante (entre 10 et 15 contractions/sec. lorsque la tension croît.

2. — Après une phase de croissance rapide, la fréquence devient constante.

3. — La fréquence croît logarithmiquement en fonction de la tension.

4. — La fréquence augmente linéairement en fonction de la tension musculaire, MARX conclut :

« Quel que soit le comportement de l'unité motrice, le mécanisme essentiel de la graduation de la contraction musculaire volontaire est la sommation spatiale. Il est possible que pour des variations peu importantes de la tension, la sommation temporelle soit seule en jeu dans certains cas ».

Cpendant MARX ajoute :

« Lorsque toutes les unités motrices ont été activées et fonctionnent en synchronisme, les variations de tension sont dues au seul jeu de la variation de fréquence... la graduation de cette contraction se fait ainsi par sommation temporelle pure ».

3°) DETERMINISME DES DIVERS MODES DE FONCTIONNEMENT DE L'UNITE MOTRICE :

Empruntons encore à MARX le résultat de ses recherches. Pour cet auteur, les cellules motrices de la moëlle peuvent fonctionner suivant trois modes :

a) Au fur et à mesure de l'état d'excitation dans le centre moteur, la fréquence des décharges augmente. La fréquence d'une unité motrice croît parallèlement à l'augmentation de tension jusqu'à un rythme maximum de 50 par seconde. A ce moment, elles se mettent en phase et on observe le « rythme de Piper ».

b) Dans un deuxième groupe de faits les décharges des unités motrices se font à une fréquence constante comprise entre 12 et 18. Beaucoup d'auteurs pensent que cette constance est due à l'influence d'un système (peut-être à point de départ proprioceptif) imposant son rythme au motoneurone médullaire.

c) Le troisième mode de fonctionnement est celui où les courants d'action sont rythmés à une fréquence très basse (4 à 7 par sec.). Il s'agirait d'une modulation assurée par un second système différent du précédent. DENNY-BROWN croit pouvoir affirmer que le type de décharge de l'unité motrice diffère selon le type de l'activité musculaire. « Lorsque le muscle est utilisé comme agoniste principal, l'activité des différentes unités motrices est en général asynchrone, au contraire s'il agit comme fixateur synergique, sa décharge est alors de type périodique ».

Ces mécanismes nous posent le problème de la pluralité d'innervation, voire même de structure du muscle strié.

III — PROBLEME DE LA PLURALITE DE STRUCTURE ET DE FONCTION DU MUSCLE STRIE (14)

De nombreux travaux démontrent l'hétérogénéité histologique des muscles striés des vertébrés. Dans les dix dernières années les recherches portant sur l'innervation des fibres musculaires ont mis en évidence une pluralité d'innervation.

Nous ne nous attarderons pas sur la théorie de la double innervation sympathique et somatique défendue par BOEKE, par contre la double innervation motrice cérébro-spinale nous retiendra plus longtemps.

KRUGER et GUNTHER remarquent que les « Fibrillenstrukturfasern » sont innervées par de grosses fibres nerveuses myélinisées se terminant par une plaque motrice, alors que les « Felderstrukturfasern » sont innervées par de petites fibres myélinisées se terminant en grappe d'origine extra-pyramidale.

René COUTEAUX reprenant cette question reconnaît l'existence de ces deux types de fibres nerveuses auxquelles correspondent deux types de synapses (22).

Cependant le problème de la destination des petites et grosses fibres nerveuses motrices n'est pas encore résolu. HUNT et KUFFLER ont démontré que chez le batracien les fibres extra-fusales étaient innervées par les grosses fibres alors que les fibres musculaires intrafusales étaient innervées par les petites fibres. Cependant KATZ admet que certaines grosses fibres se rendent aux fibres musculaires infra-fusales et KATZ et YOUNG (1948) ont observé que des petites fibres se rendent aux fibres musculaires intra-fusales. Chez les mammifères des constatations analogues ont été faites.

Les physiologistes n'ont pas encore rendu compte de tous ces faits observés par les histologistes. En ce qui concerne les batraciens l'unanimité semble être faite : on admet d'une part l'existence de fibres musculaires extrafusales innervées par les grosses fibres motrices et donnant la secousse, d'autre part les fibres intrafusales innervées par les petites fibres motrices donnant un raccourcissement lent développant une tension appréciable.

Pour les mammifères le problème est loin d'être résolu et nous voyons qu'il est trop tôt pour essayer d'attribuer à l'un des systèmes de fibres **un rôle de soutien de la contraction** ce rôle de soutien étant modulé par une activité synchrome à basse fréquence du motoneurone ; tandis que l'autre système **serait responsable de l'aspect cinétique** dont la vitesse et la force serait graduées par une double sommation spatiale et temporelle.

CHAPITRE II

Essai d'Interprétation de nos résultats

I — LA CONTRACTION CINETIQUE EN FORCE LENTE

Pour SMITH ainsi que pour BUCHTAL et CLEMMESEN (1941). « Quand la traction exercée par un muscle augmente, le rythme de l'unité motrice en action s'accélère, une seconde unité puis une troisième entrent en contraction et atteignent bentôt le rythme de la première ». Les expériences de SEYFFARTH décrites par CHAILLEY-BERT (15) confirment ce point de vue.

Au moment des contractions maximales, le nombre des unités motrices en action est tel que les pointes de l'électromyogramme se chevauchent. Au cours de cet « état d'interférence » il y a sommation des potentiels élémentaires se traduisant par de grandes oscillations.

Ces oscillations de grande amplitude décrites pour la première fois par PIPER sont interprétées comme le signe de la synchronisation partielle des motoneurones fonctionnant au rythme maximum (ADRIAN 1947).

Tous les tracés recueillis au cours de la contraction volontaire cinétique d'intensité lentement croissante, présentent l'aspect que nous venons de décrire avec apparition progressive d'un rythme de PIPER.

Nous nous croyons alors autorisé à admettre que dans une épreuve de force en contraction lente comme dans l'épreuve « de développé » exécutée de façon progressive, **il se produit une mise en activité d'unités motrices de plus en plus nombreuses (sommation spatiale), mais simultanément le rythme d'activité de chaque unité motrice devient de plus en plus élevé (sommation temporelle).** Au moment de l'intensité maximum atteinte par la contraction, alors que jusque là les unités motrices fonctionnaient de façon asynchrome, il y a tendance à la synchronisation.

Remarquons que, d'après MARX, lorsque l'on étudie non plus une contraction cinétique, mais une contraction isométrique maximum, progressivement croissante, le type de courbe observé le plus fréquemment est celui où la fréquence des unités motrices est constante.

Dans ce second cas, l'augmentation de la puissance développée par le muscle se ferait uniquement par sommation spatiale. La limitation de l'augmentation de fréquence paraîtrait due à l'influence d'influx proprioceptifs agissant sur le motoneurone médullaire pour lui imposer un rythme peu élevé.

II — LA CONTRACTION MUSCULAIRE EN « DETENTE EXPLOSIVE » : LA RELATION FORCE-VITESSE

Lors de la contraction musculaire volontaire isotonique rapide il faut tenir compte de deux aspects complémentaires du travail musculaire :

— capacité du muscle ou du groupe musculaire considérés de se **raccourcir avec une certaine vitesse, capacité d'exercer une certaine force.**

Cette relation force-vitesse au cours du tétanos isotonique a été étudié par de nombreux auteurs (FENN et MARSH 1935 - HILL 1938 et 1949) sur le muscle isolé, et surtout par WILKIE (1950) sur le muscle en place (16).

1°) RELATION FORCE-VITESSE DANS LES THEORIES VISCO-ELASTIQUES (17)

Selon ces théories, le muscle sous tension était assimilé à un système élastique pourvu de viscosité. Des forces de frottement proportionnelles à la vitesse s'opposeraient aux déformations rapides.

Si Po représente la tension isométrique du muscle, P la tension observée au cours du mouvement (s'exprimant par la charge soulevée) et V la vitesse du mouvement, selon la théorie visco-élastique les 3 grandeurs sont unies par la relation suivante :

$$P = P_o - k\ V$$

Cette relation exprime que la tension développée au cours d'un mouvement est toujours inférieure à la tension développée par le même muscle dans des conditions isométriques. Cette différence de tension est proportionnelle à la vitesse du mouvement, le coefficient de proportionnalité k **étant le coefficient de viscosité.** Inversement, pour une charge donnée le mouvement est d'autant plus lent que la viscosité est plus grande. Selon cette théorie c'est à la circulation du sarcoplasme entre les myofibrilles au cours du raccourcissement du muscle qu'est due cette perte d'énergie caractérisant la viscosité intra-musculaire.

On comprend l'importance que ces auteurs accordaient au rapport entre sarcoplasme et myofibrilles dans la plus ou moins grande viscosité intra-musculaire. Remarquons que ceci rejoignait l'observation courante, de la lenteur fonctionnelle des sujets à muscles hypertrophiés riches en sarcoplasme.

2°) RELATION FORCE-VITESSE A LA LUMIERE DE TRAVAUX PLUS RECENTS

Dans l'hypothèse de la visco-élasticité, la courbe relative aux deux variables est une droite. Pour FENN et MARSH au contraire sur une courbe représentant la vitesse en fonction de la charge les points expérimentaux ne s'alignent pas suivant une droite, mais suivant une courbe convexe vers l'origine des axes et dont la traduction mathématique est une fonction exponentielle.

L'Equation :

$$P = P_0 \cdot^{V}_{B} - k\,V$$

où B est une constante de vitesse pourrait représenter de façon satisfaisante la courbe expérimentale obtenue.

HILL propose une équation un peu différente, mais également se représentant par une hyperbole :

$$(P + a)\quad (V + b) = (Po + a)\quad b$$

Les 2 paramètres a et b représentent le premier, une constante de force, le second une constante de vitsse. V exprime la vitesse du mouvement, Po la tension isométrique du muscle à la longueur Po et P la tension observée au cours du mouvement.

3°) LES TRAVAUX EFFECTUES SUR LE MUSCLE IN-SITU

Les premières investigations faites chez l'humain furent effectuées par DERN, LEVERE et BLAIR (1945) puis plus récemment par WILKIE (1950).

Ce dernier a étudié les variations de la vitesse de flexion de l'avant-bras sur le bras sous l'effet de charges croissantes. L'auteur établit ainsi pour plusieurs sujets un diagramme vitesse-force caractéristique.

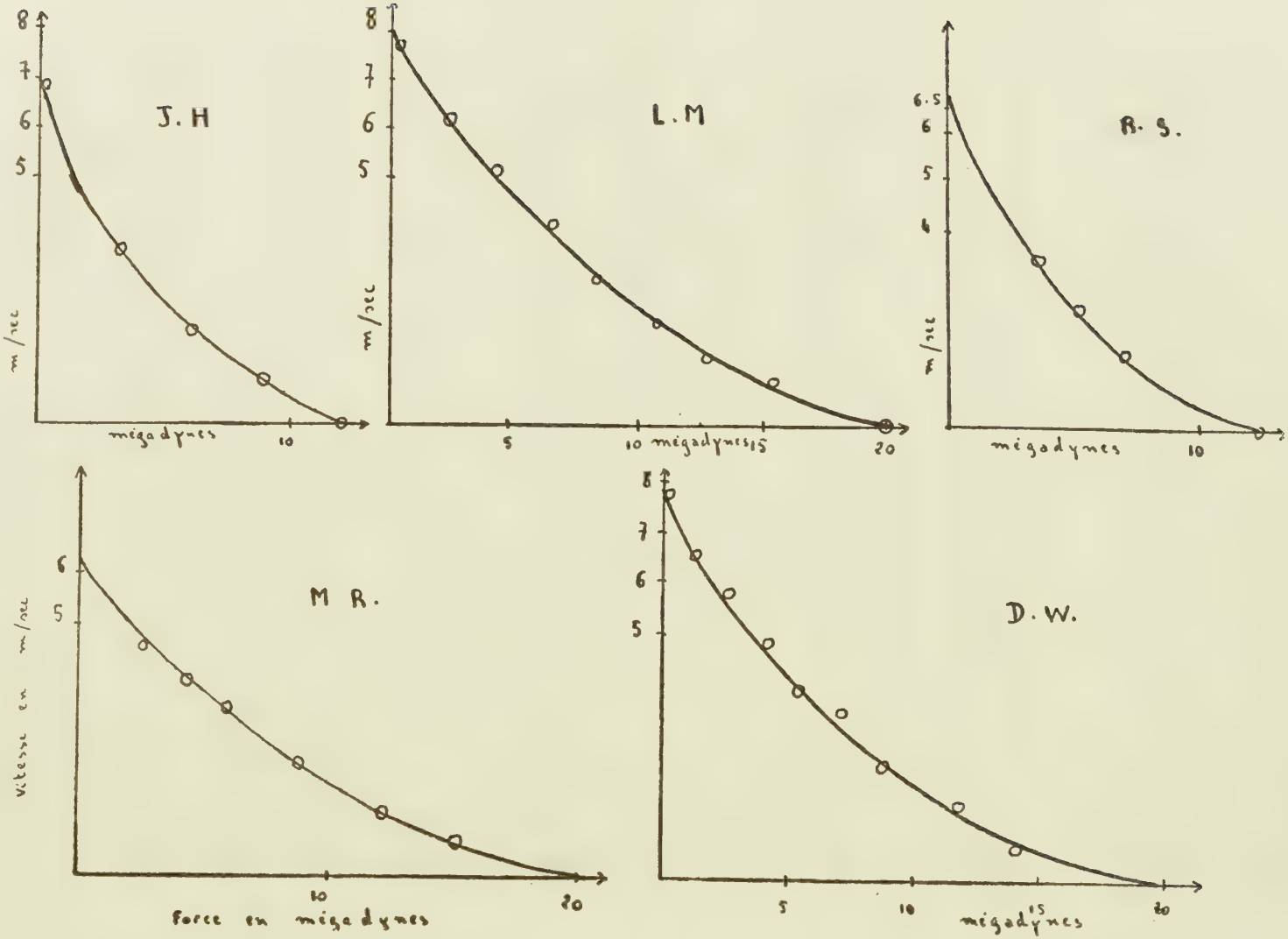
L'ensemble de ces résultats confirment les données obtenues sur le muscle isolé, bien que WILKIE traduise ses résultats en mettant la relation obtenue par HILL sous une forme différente.

$$\left(\frac{P}{a} + 1\right)\quad \left(\frac{V}{b} + 1\right) = \frac{P_0}{a} + 1$$

(les lettres ont la même signification que dans l'équation de HILL). Cette formulation a l'avantage de mettre en évidence le rapport $\frac{a}{P_0}$ qui définit l'angle caractéristique de la courbe avec l'axe des x :

L'auteur donne les résultats obtenus pour cinq sujets. Voici reproduit le tableau récapitulatif et les courbes donnés par WILKIE :

	sujet	âge	sexe	Po en mégadynes	Vo en cm/sec	a / Po
1	J.H	22 ans	F.	12	670	0.33
2	L.M	24 »	M.	20	700	0.48
3	R.S	20 »	F.	12	650	0.42
4	M.R.	22 »	M.	20.5	600	0.37
5	D.W	23 »	M.	19.6	775	0.20


J. H
L. M
R. S.
M R.
D. W.
m/sec
Vitesse en m/sec
migadynes
Force en migadynes

Nous considérons donc comme démontré **que la vitesse de raccourcissement** d'un muscle se contractant en « détente explosive » s'exprime en fonction de la **vitesse de contraction sans charge et de la force isométrique Po.**

Transposons cette notion sur le plan de nos résultats. La performance réalisée en lancer de poids est essentiellement fonction de la vitesse atteinte par l'engin au moment où l'action du lanceur se termine (toutes conditions morphologiques étant mises à part).

Or nous avons déjà souligné qu'un lanceur non averti et mal éduqué lançait par détente explosive ceci nous explique les corrélations que nous trouvons entre lancer du poids de 6 kg. d'une part, le T.M. et le développé d'autre part.

Coefficient de corrélation entre lancer 6 kg.-développé (expérience d'octobre)

$$r = .45$$

Coefficient de corrélation entre lancer 6 kg.-T.M. (expérience d'octobre)

$$r = .38$$

Notons que si les coefficients de corrélation ne sont pas plus élevés c'est que dans le lancer, le travail musculaire ne se limite pas aux membres supérieurs. Dans la mesure où il y a disproportion entre les « deux trains » et où intervient la coordination dans l'entrée en jeu des différentes masses musculaires, nos résultats s'écartent de la loi simple énoncée pour un seul muscle ou un seul groupe musculaire.

III — DYNAMOGRAPHIE DANS LES MOUVEMENTS EN « DETENTE EXPLOSIVE »

L'enregistrement de la force développée par le muscle à chaque moment d'un mouvement (dynamographie) doit permettre de préciser l'évolution de la tension musculaire dans le temps. Grâce à un appareil conçu par SCHERRER et SAMSON (1954-1955), BOURGUIGNON, MARTY et SCHERRER (1958) (18) ont réalisé cette épreuve dynamographique sur le tricep brachial au cours d'une épreuve ergométrique. Au début de l'épreuve, le tracé recueilli correspond à ce que nous avons jusque-là appelé un mouvement « en détente explosive ». En effet dans une pareille épreuve la force maximum développée se situe dans la partie initiale du mouvement, ce qui se traduit graphiquement par ce que les auteurs appellent un **« overshoot ».**

Cet overshoot imprime à la charge une accélération initiale ; plus il est ample, plus grande est la vitesse de déplacement de la charge. **Nous avons toutes les raisons de penser que dans un travail de lancer de nombreux sujets tentent de réaliser la meilleure performance possible en réalisant un overshoot d'amplitude maximum.**

Les auteurs cités précisent d'autre part que l'overshoot doit avoir une durée suffisamment grande et cela d'autant plus que la masse à déplacer est plus importante.

La vitesse d'un mouvement en « détente explosive » est donc fonction de l'amplitude de l'overshoot, mais aussi de sa durée. L'importance du facteur durée devient d'autant plus manifeste que les charges à déplacer sont plus grandes.

IV — L'ELECTROMYOGRAPHIE DANS LES MOUVEMENTS « EN DETENTE EXPLOSIVE »

Il est important de pouvoir préciser l'aspect électromyographique d'un mouvement « en détente explosive » afin de traduire à l'étage de l'unité motrice ou d'un groupe d'unités motrices la notion d'overshoot.

TOURNAY et PAILLARD (19) et (20) par une technique polygraphique utilisant simultanément plusieurs électrodes, ont étudié l'influence de l'augmentation de brusquerie d'un mouvement sur l'entrée en jeu des différents muscles participant au mouvement. Leur étude a porté entre autres :

— sur l'abduction du bras en graduation d'importance et de vitesse ;
— sur la fermeture du poing dans les mêmes conditions.

Ces auteurs ont constaté que dans les mouvements lents, il y avait un important décalage entre l'entrée en jeu des différents muscles participant au mouvement : **l'agoniste principal entrant d'abord en jeu, suivi avec plus ou moins de décalage par les fixateurs.**

Ces écarts temporels se réduisent progressivement lorsque la rapidité d'exécution du geste s'accroit par ailleurs d'autres muscles.

Par ailleurs « spatialement circonscrite d'abord aux deux muscles auxquels elle est fondamentalement restreinte » (radial et fléchisseur dans le mouvement de fermeture du poing), lorsque l'acte croit en vitesse et en intensité « la synergie s'associe d'autres muscles » (gd palmaire, supinateurs et même muscles du bras et de l'épaule).

En résumé, **lorsqu'un mouvement est commandé de façon explosive il se manifeste une tendance à l'uniformité et à la simultanéité de contraction des différents muscles intéressés. Cette simultanéité de contraction intéresse non seulement les différents muscles, mais aussi vraisemblablement les différentes unités motrices.** (La preuve directe de cette dernière affirmation est impossible à apporter dans l'état actuel de l'électromyographie).

L'Overshoot dont nous avons parlé dans le chapitre précédent correspond donc à une simultanéité d'intégration des différentes unités motrices et muscles participant au mouvement. Notons que cette activité des muscles intervenant dans le mouvement s'accompagne tout au moins au début du mouvement d'un relâchement complet des antagonistes.

Une question importante reste cependant sans réponse, c'est la part qui revient à la sommation temporelle dans la gradation de l'overshoot. On peut se demander si dans le cas d'un mouvement de vitesse maximum ayant pour objet de déplacer une charge importante l'ensemble des unités motrices intéressées se contracte d'emblée à un rythme maximum.

Peut-être d'ailleurs faudrait-il faire une distinction entre le rythme de contraction des agonistes principaux et le rythme de contraction des muscles soutiens du mouvement : ces derniers auraient une activité rythmique synchrone à basse fréquence, si l'on en croit DENNY-BROWN et d'autres auteurs (op cité). Nous retrouvons là le problème ardu de la dualité de fonction du muscle strié, que nous avons évoqué plus haut.

V — LE FLECHISSEMENT DE LA VITESSE AU COURS DE L'EXECUTION DE MOUVEMENTS RAPIDES EFFECTUES AVEC CHARGES IMPORTANTES

1°) NOTION DE VITESSE MOYENNE

Dans toutes les expériences portant sur la relation force-vitesse la vitesse calculée représente une vitesse moyenne, correspondant au temps mis par un segment corporel (la main dans les expériences de WILKIE) pour parcourir une distance connue. Mais cette vitesse moyenne ne représente la vitesse réelle du segment considéré que dans le cas d'un mouvement rectiligne uniforme.

Or dans tous les mouvements « en détente explosive » au cours desquels la masse à mouvoir est importante, le mouvement n'est pas un mouvement rectiligne uniforme mais au contraire un mouvement à vitesse variable. Selon les équations déjà citées de HILL et de WILKIE, la vitesse serait une fonction logarithmique du temps.

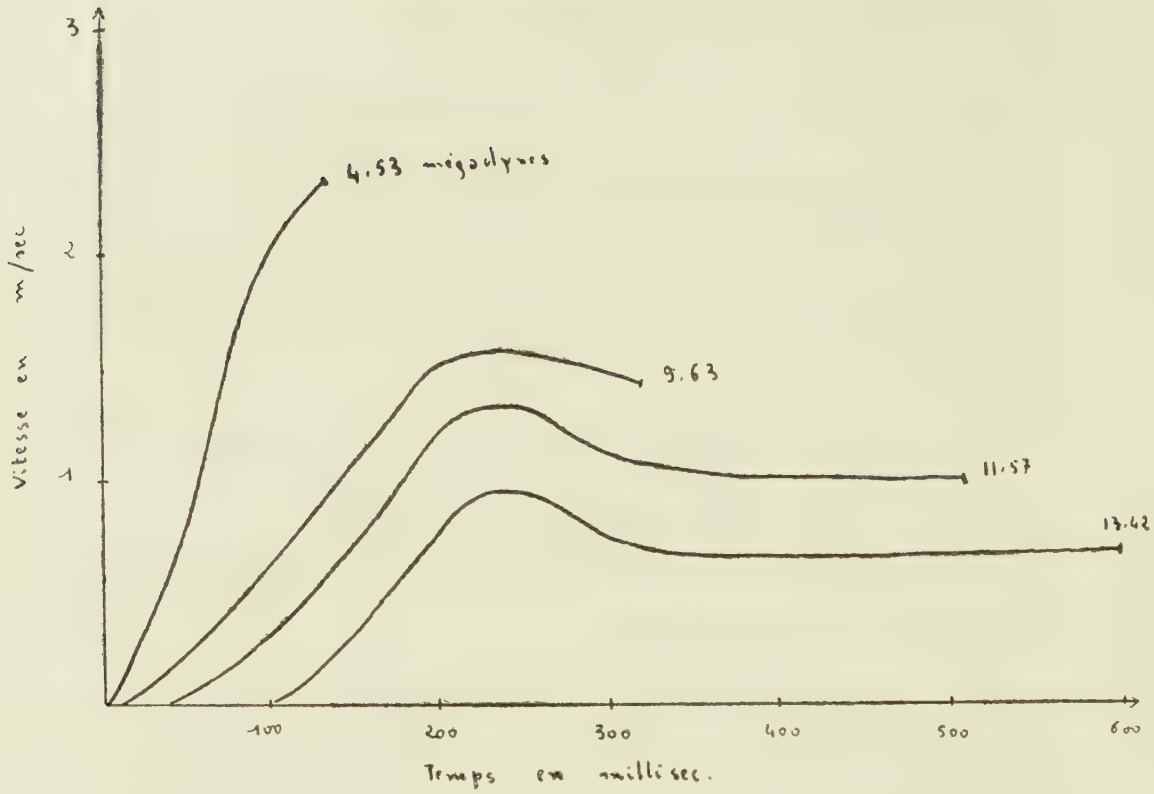
2.) LES VARIATIONS DE LA VITESSE

Lorsque l'on considère non plus la vitesse moyenne, mais les variations réelles de la vitesse au cours d'un mouvement en détente explosive on constate que les courbes tracées à partir des mesures expérimentales ne correspondent pas à celles obtenues à partir des équations.

L'examen des courbes obtenues expérimentalement et représentées ci-dessous, permet de constater que pour les mouvements effectués avec charge importante, il existe un fléchissement de la vitesse, qui n'était pas prévisible à partir des équations citées, et d'autant plus important que la charge est plus élevée.

3°) CONSEQUENCES DE CE FLECHISSEMENT DE LA VITESSE

Dans les mouvements visant à l'accomplissement d'une performance sportive, la notion de vitesse moyenne est de peu d'importance, ce qui compte c'est qu'au moment optimum, la vitesse soit maximum et ce moment optimum est pres-



D'après WILKIE : Courbes expérimentales traduisant le fléchissement de la vitesse en fin de mouvement effectué avec charges importantes.

que toujours placé en finale du mouvement. Il en résulte que, aussi grande soit la vitesse moyenne, si dans un lancer cette vitesse fléchit en finale du mouvement, la performance sera obligatoiremnt diminuée. **Il est donc nécessaire dans le domaine sportif d'éviter ce fléchissement de la vitesse en finale de mouvement, même si la vitesse moyenne doit diminuer.**

4°) CAUSES POSSIBLES DU FLECHISSEMENT DE LA VITESSE EN FIN DE MOUVEMENT

WILKIE décèle deux causes principales possibles :

a) **Passage d'un type d'élasticité à un autre type d'élasticité :**

Lors d'un mouvement brusque avec overshoot ample, l'ensemble des processus contractiles des différentes unités motrices travaillant en synchronisme

mettent rapidement sous tension les éléments élastiques en série qui s'interposent entre éléments contractiles et masse à déplacer.

Cependant les théories récentes sur l'élasticité admettent que la structure contractile elle-même est le siège d'une certaine élasticité. Cette élasticité est une élasticité de type normal **ou élasticité cristalline.**

Lorsque le mouvement est très rapide et la masse à déplacer importante cette structure cristalline peut être soumise à une tension si forte qu'il peut en résulter un « décrochage » selon l'image suggérée par HUXLEY d'une « structure à crémaillère ». **Ce « décrochage » ou « dérapage » transforme une élasticité de type cristalline en une élasticité de type thermo-élastique** c'est ce qui pourrait expliquer le fléchissement de la vitesse, qui correspondrait à ce passage d'un type d'élasticité à un autre.

Remarquons cependant que ce « dérapage » semble plus fréquent lorsqu'un muscle contracté résiste à un allongement (Aubert op cit) à grande vitesse, tandis qu'il semble exceptionnel dans le cas d'une contraction cinétique même à grande vitesse.

Nous en arrivons alors à la deuxième hypothèse qui nous semble la plus vraisemblable.

b) **La diminution de l'excitabilité du motoneurone médullaire :**

La diminution de vitesse en fin de mouvement s'expliquerait alors par l'impossibilité pour les centres moteurs de maintenir dans l'ensemble des unités motrices un rythme de contraction maximal, pendant toute la durée du mouvement.

Il est impossible dans l'état actuel de nos connaissances d'effectuer un choix entre ces deux hypothèses, d'autant plus qu'on peut en formuler d'autres. Les hypothèses auxquelles nous faisons allusion ici sont relatives à la superposition dans la contraction musculaire brusque d'un élément tonique d'installation plus progressive et plus durable et d'un élément clonique d'installation brusque mais dont l'effet s'épuise plus vite (DELMAS - MARSALET) 1952.

La contraction musculaire brusque que nous avons appelé contraction en « détente explosive » est caractérisée par un overshoot ample, mais dont la durée peut être brève, si la résistance à vaincre est importante. Cette brièveté relative de l'overshoot se traduit par une diminution de la vitesse en finale du mouvement. Dans le domaine du mouvement sportif, qui nous intéresse, cette diminution de vitesse est préjudiciable à la performance. Une autre forme de mouvement que nous allons maintenant décrire ne présente pas cet inconvénient.

VI — CONTRACTION MUSCULAIRE EN DETENTE AVEC ACCELERATION PROGRESSIVE

1°) SPONTANEITE D'UTILISATION DE LA CONTRACTION EN « DETENTE EXPLOSIVE »

Lorsque l'on demande à un sujet d'exécuter un mouvement avec rapidité, spontanément il utilise la contraction en « détente explosive », caractérisée par l'amplitude de l'overshoot et le rapprochement chronologique de la contraction des muscles participant au mouvement.

Dans le domaine sportif cette façon de faire est courante, nous l'avons signalée en étudiant les résultats du lancer de poids chez nos sujets au début de l'année. Lorsqu'il s'agit d'un simple déplacement segmentaire sans qu'il y ait à mobiliser de masses surajoutées, il n'y a aucun inconvénient à cette pratique. Mais lorsqu'il faut mettre en mouvement des masses importantes nous avons vu, que la vitesse subissait un fléchissement en fin de mouvement. Pour éviter cette diminution de vitesse préjudiciable au bon rendement d'un mouvement sportif il y a lieu d'utiliser une autre forme de travail musculaire, **c'est la détente** avec **accélération progressive.**

2°) CARACTERISTIQUES PHYSIOLOGIQUES DE LA DETENTE AVEC ACCELERATION PROGRESSIVE

Tous les auteurs ayant étudié la contraction musculaire volontaire ont insisté sur sa plasticité ; l'action des superstructures nerveuses pouvant en effet modifier le degré d'excitabilité du motoneurone médullaire.

Lors de l'exécution d'un mouvement à caractère sportif exigeant une « finale » de vitesse maximum, nous sommes parfois amenés à demander aus sujets de limiter la brusquerie de la partie initiale du mouvement.

Nous sollicitons ainsi les possibilités d'inhibition ou de freinage des centres télencéphaliques. Cette inhibition se traduit par une diminution de l'amplitude initiale de l'overshoot ce qui permet au sujet de « garder une réserve » d'unités motrices telle que l'accélération du mouvement puisse se poursuivre jusqu'à la fin de son exécution.

Rappelons que la difficulté d'exercer ce contrôle temporel et de doser l'amplitude de l'overshoot est plus grande chez les sujets à temps simples rapides qui ont des systèmes nerveux très réactifs.

En effet dans toutes nos expériences nous avons constaté l'existence d'un **cœfficient de corrélation négatif entre le temps simple et les épreuves de détente avec capacité d'accélération.**

Dans l'étude que nous avons faite sur le lancer de poids et le lever par arraché, nous avons démontré par l'analyse factorielle que **cette capacité d'accélération mettait en jeu un facteur spécifique non réductible à la vitesse musculaire ni à la vitesse nerveuse.** Quelle est alors la nature de ce facteur ?

Il s'agit selon toute vraisemblance **d'un facteur nerveux dépendant des centres encéphaliques, permettant un contrôle temporel des décharges rythmées d'influx nerveux modulées par le motoneurone médullaire.** Des recherches neurophysiologiques seraient seules susceptibles de confirmer l'exactitude de nos hypothèses et de préciser la localisation du mécanisme auquel nous faisons allusion. Nous devons en conclure que dans les mouvements réalisés en détente avec accélération progressive, les lois relatives aux facteurs force-vitesse ne jouent plus de la même manière, il y aurait lieu d'envisager l'introduction d'un facteur jusque là négligé ; **le dosage dans le temps des décharges rythmées d'influx nerveux.**

3°) UNE DIFFICULTE de la DETENTE avec ACCELERATION PROGRESSIVE : VAINCRE L'INERTIE DE LA MASSE A MOUVOIR

La force développée au cours d'un mouvement doit nécessairement dépasser la charge pour lui imprimer un déplacement. C'est d'ailleurs cette notion de dépassement qui a entraîné l'utilisation du terme d'overshoot. Lorsqu'il faut vaincre l'inertie d'une charge importante au cours d'un mouvement intéressant des masses musculaires réduites, l'overshoot nécessite parfois l'entrée en jeu de la presque totalité des unités motrices. Il n'y aura plus alors aucune accélération possible au cours du mouvement et l'on observera comme dans les expériences de WILKIE sur le triceps brachial un fléchissement de la vitesse en fin de mouvement.

Cependant dans la plupart de nos épreuves sportives dans lesquelles les masses à mobiliser sont importantes, un moyen technique capital permet de diminuer l'inertie de la masse à mouvoir : **c'est l'utilisation de l'élan.**

La bonne utilisation d'un élan permet donc d'alléger la masse à mouvoir et par contre coup d'utiliser un overshoot d'amplitude limitée. Ainsi dans l'arraché d'une barre à disques d'un poids maximum la prise d'élan consiste à faire précéder le travail des bras, d'un travail des jambes (segments aux masses musculaires plus puissantes), puis de la région lombaire. Lorsque l'inertie de la masse à lever est ainsi diminuée par cette succession d'actions musculaires, les membres supérieurs peuvent entrer en jeu à leur tour selon un type de détente en accélération progressive.

Cette nécessité d'utiliser l'élan dans cette forme de contraction musculaire entraîne comme conséquence, une entrée en jeu en cascade des muscles synergiques. Les muscles travaillent donc en se relayant et non plus simultanément.

CONCLUSION

La forme de contraction musculaire que nous avons appelé « détente avec accélération progressive » s'oppose donc par de nombreux aspects à la « détente explosive ».

Dans la détente explosive il y a entrée en jeu immédiate d'un grand nombre d'unités motrices se contractant à un rythme d'emblée élevé. Au contraire dans le deuxième type de détente le recrutement ds unités motrices est organisé temporellement de telle sorte que le mouvement aille en s'accélérant du début à la fin.

Dans le premier type de détente il y a tendance à la simultanéité d'entrée en jeu des différents groupes musculaires participant au mouvement, dans la détente avec accélération progressive les muscles travaillent en se relayant.

D'un autre point de vue la détente exlosive est un mode spontané d'utilisation de la force musculaire cinétique, tandis qu'il semble que la détente avec accélération progressive exige un apprentissage.

Notons que jusqu'alors dans leur étude de la relation force-vitesse dans la contraction musculaire in-vitu, les physiologistes ont négligé le rôle du **facteur nerveux de dosage dans le temps des décharges rythmés d'influx nerveux** qui influe à la fois sur la vitesse moyenne et sur la vitesse finale du mouvement.

QUATRIEME PARTIE

Conséquences de l'étude précédente au point de vue de l'éducation physique

et

Conclusions Générales

Dans le domaine de la conception générale de l'éducation physique

Le but de l'éducation physique est de développer chez les sujets la **maîtrise corporelle** et pour cela s'attacher à améliorer chez chacun les **différents facteurs de la valeur motrice** que nous avons tenté d'énumérer.

⁂

Pour pouvoir contrôler les progrès réalisés par les élèves il faut des moyens précis de mesure. Les moyens utilisés actuellement ne sont pas adéquats : les épreuves classiques athlétiques sous leur forme sportive ne peuvent pas permettre un diagnostic précis des qualités mises en jeu, surtout lorsque la préparation des élèves au passage de ces épreuves n'est pas identique. Le plus souvent elles apprécient un certain savoir faire et une certaine morphologie plus que les facteurs de base recherchés.

Même corrigées et simplifiées pour être plus valables, ces épreuves sont insuffisantes, car elles n'apprécient qu'un nombre limité de facteurs de la valeur motrice, à savoir : facteur vitesse musculaire et facteur détente. Tous les facteurs psycho-moteurs de la conduite motrice sont laissés dans l'ombre.

⁂

Il est donc nécessaire de modifier dans le sens d'une simplification les épreuves déjà utilisées pour apprécier la valeur physique, de telle sorte que ces épreuves ne mettent en jeu qu'un nombre réduit de facteurs. Il faut par ailleurs compléter ces tests par l'utilisation d'autres tests permettant d'apprécier les facteurs psycho-moteurs de la conduite motrice :

1 - justesse du schéma corporel et finesse de la sensibilité proprioceptive ;

2 - justesse dans le choix des stéréotypes moteurs ;

3 - facilité de remaniement des stéréotypes déjà connus, qui s'oppose à la persévération. Cette possibilité de remaniement des stéréotypes définit la plus ou moins grande possibilité d'apprentissage de gestes nouveaux.

La gamme des techniques dont nous disposons en éducation physique nous permet d'envisager la mise sur pied d'un ensemble cohérent de tests répondant à ces besoins.

Mais nous avons déjà souligné la nécessité de ne pas considérer isolément les tests utilisables en éducation hysique. Il faut d'une part les confronter aux tests de laboratoire utilisés par les psycho-techniciens et d'autre part aux données de l'examen morphologique et de la visite médicale effectuée par le médecin de l'H.S.U.

La confrontation des résultats de ces trois séries d'examens devrait permettre de faire un bilan de la valeur motrice des élèves et de chiffrer son progrès au cours de la scolarité. Il va de soi qu'un tel bilan présenterait un intérêt capital pour l'orientation des élèves.

⁂

Les moyens de mesure étant trouvés, il faut perfectionner les sujets et améliorer les résultats qu'ils obtiennent dans les épreuves. Le travail systématique d'éducation physique devra atteindre ce but.

C'est ici que l'étude expérimentale des moyens et procédés utilisés par l'éducateur devra trouver sa place. Il faut remettre en question de façon critique un grand nombre d'affirmations et de dogmes considérés jusqu'à présent comme intangibles, sans qu'aucun commencement de preuve ait été apporté pour démontrer leur validité.

En éducation physique comme dans beaucoup d'autres disciplines l'ère de l'intuition et de l'empirisme doit laisser la place à celle de l'expérimentation et de l'approfondissement scientifique des prob.èmesl

⁂

La conception de l'éducation motrice que nous développons ici en fait une discipline sévère. Elle se fixe comme objectif le perfectionnement moteur maximum des élèves ; elle est à la fois un moyen de perfectionnement et un moyen de diagnostic des capacités motrices. Il s'agit bien là d'une éducation donc d'un perfectionnement, cette vue s'oppose à la notion d'une **activité physique récréative** qui certes a sa valeur mais qui n'a aucune raison de figurer dans un emploi du temps scolaire sinon sous forme de récréation.

Ces deux formes d'activités physiques : formative d'une part, attrayante et récréative d'autre part ne s'excluent nullement. L'individu formé par la première peut utiliser dans la seconde la plénitude de ses moyens pour s'épanouir librement et pour goûter de saines distractions.

L'éducation physique sera alors non seulement une préparation au métier, mais aussi une préparation au sport et aux activités de plein air sous toutes leurs formes.

QUELQUES APPLICATIONS PRATIQUES DES RECHERCHES PRECEDENTES

La simplification des épreuves permettant d'apprécier la valeur motrice n'a pas seulement un intérêt pour l'analyse des facteurs de la valeur motrice, mais elle a aussi des applications pratiques importantes.

EXEMPLE DE L'ANALYSE DES RESULTATS D'UN TYPE D'ENTRAINEMENT, EN SAUT EN HAUTEUR

Nous avons montré que la réussite en saut en hauteur, mode sportif, est fonction :

— de la taille du sujet,

— de l'amplitude de son élévation par appel un pied (appréciée par le test décrit p. 58),

— d'un certain contrôle segmentaire en suspension.

L'entraînement peut influer sur les deux derniers facteurs. Mais l'importance de l'élévation du centre de gravité par appel un pied est fonction elle-même :

— de la capacité de détente des membres inférieurs,

— de facteurs dépendant d'un bon contrôle neuro-musculaire.

Les tests que nous utilisons nous permettent de délimiter la part qui revient à chacun de ces facteurs dans les progrès réalisés en saut en hauteur. Après une période donnée d'entraînement nous sommes ainsi susceptibles d'apprécier dans quel sens se sont effectués les progrès.

1) D'octobre à novembre nous avons constaté un progrès de deux centimètres dans l'élévation par appel deux pieds sans élan chez nos élèves de la promotion 1959-1960. Leur performance moyenne est passée de 62 cm. à 64 cm. Parallèlement les résultats du test « saut avec élan par appel un pied » ne se sont améliorés que d'un centimètre.

Nous en déduisons que le travail d'entraînement du premier mois, **consacré au développement de la puissance musculaire a surtout développé la capacité de détente** et que le progrès réalisé dans le premier test ne s'est transféré que partiellement au second.

Si, dans les années qui suivent, nous essayons d'autres procédés d'entraînement, il nous sera facile de comparer leur efficacité respective ; **et ainsi la valeur des méthodes d'entraînement ne sera plus seulement appréciée par simple intuition, mais par des résultats chiffrés de valeur indiscutable.**

2) De novembre à janvier, nous orientons notre entraînement vers l'étude de ce que nous appelons « l'exercice clé appel un pied » qui a pour but d'arriver à un bon contrôle du bassin et à une bonne synergie d'action entre jambe d'appel et jambe libre.

A la suite de cet entraînement nous avons constaté les résultats suivants sur la promotion 1958-1959 :

— amélioration moyenne des performances, de 4 cm. dans le test « saut avec élan appel un pied »,

— amélioration de 4 cm. dans les performances de saut sportif qui passent de 1 m. 51 à 1 m. 55 en moyenne.

Remarquons qu'aucune étude de technique sportive n'a été faite pendant cette période.

Nous nous croyons alors autorisé à conclure que l'amélioration du contrôle du bassin et la meilleure utilisation synergique des deux jambes particulièrement recherchées pendant cette période d'entraînement a entraîné un gain de **4 cm. dans l'élévation appel un pied amélioration qui s'est en grande partie transférée à la réussite dans le saut sportif.**

3) De janvier à Mai, le travail est consacré à l'amélioration du franchissement, c'est-à-dire au « style prorement dit ». Dans cette dernière période, les résultats ont été stationnaires en saut élémentaire « appel un pied avec élan », par contre le niveau moyen des performances en saut sportif s'est élevé de 1 m. 55 à 1 m. 58.

Nous voyons donc que notre système de contrôle nous permet de déceler à quel facteur particulier est dû le progrès réalisé dans un geste complexe comme le saut en hauteur sportif. Chez nos jeunes gens, notre système d'entraînement divisé en trois périodes ayant respectivement pour objectif :

1 - le développement musculaire,

2 - le contrôle de la charnière lombo-sacrés et la bonne transmission des poussées à l'ensemble du corps.

3 - la bonne coordination segmentaire en suspension,
a permis d'atteindre les résultats suivants :

Progrès global d'octobre à mai = 7 cm.

Gain pour le seul exercice-clé appel un pied = 4 cm.

Gain (constaté sur d'autres sujets) dans l'exercice appel deux pieds sans élan = 2 cm.

Notons que les élèves sur lesquels nous avons expérimenté sont des sujets déjà éduqués, l'intérêt de ces procédés de contrôle serait encore bien plus grand s'ils étaient utilisés chez des enfants, car ils permettraient d'étudier de façon génétique le développement de la capacité de détente.

Soulignons l'intérêt qu'il y aurait à comparer les résultats obtenus dans l'amélioration des différents facteurs énumérés, par un système d'entraînement différent de celui que nous préconisons.

CONCLUSION.

Nous pensons que nous avons à notre disposition un ensemble de tests simples constituant un procédé de mesure permettant d'apprécier le perfectionnement moteur des élèves.

— Ce procédé permet en outre de comparer les méthodes d'entraînement, donc de choisir les plus fructueuses en s'appuyant sur des bases valables et chiffrées.

— Cette étude nous a permis d'arriver à la conviction que les facteurs de la valeur motrice, mêmes ceux qui paraissent les plus élémentaires comme la détente, sont éducables et ne constituent pas un bagage innée imperfectible.

— Actuellement nous poursuivons dans le domaine du lancer et de la course de vitesse l'étude que nous avons déjà faite sur le saut en hauteur.

Conclusions

Nous avons tenté de faire un inventaire des facteurs de la valeur motrice en distinguant dans la conduite motrice, des éléments effecteurs (facteurs mécaniques et stéréotypes moteurs) et des éléments psycho-moteurs.

Ne pouvant envisager une étude exhaustive de l'ensemble de ces facteurs, notre travail d'analyse ne porte que sur la vitesse et la force musculaire, classées toutes deux dans les facteurs mécaniques.

Les épreuves traditionnellement utilisées en éducation physique pour apprécier la valeur motrice, nous paraissent trop complexes pour servir d'instruments de mesure dans l'analyse que nous projetons. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes adressés à des tests plus simple dont certains sont empruntés aux psycho-techniciens.

Le choix d'épreuves simples et fortement saturées en un seul facteur nous permettra de calculer les corrélations existant entre les tests « unifactoriels » d'une part, entre tests « unifactoriels » et épreuves complexes (saut en hauteur, lancer, course de vitesse) d'autre part.

⁂

La mesure de différents temps de réaction (T.S., T.D., T.M.) en utilisant l'appareil conçu à la faculté de médecine et de pharmacie de Rennes par le professeur PATAY, nous a permis, conformément aux résultats déjà obtenus par ce dernier avec J. VAN DEN DRIESSCHE, de montrer **l'indépendance du facteur musculaire et du facteur nerveux de la vitesse.**

L'étude du T.M. nous a permis de mettre en évidence l'importance du facteur vitesse de déplacement segmentaire directement lié à la vitesse de contraction musculaire. Ce facteur diffère beaucoup d'un sujet à l'autre et ses variations individuelles peuvent permettre d'interpréter des différences de résultats dans les épreuves athlétiques complexes.

La réussite au tapping dépend à la fois de la vitesse musculaire (T.M.) et de la « vitesse nerveuse » (T.S.), la réussite en course de vitesse ne dépend que du facteur vitesse musculaire et nullement de « la vitesse nerveuse ».

***

Notre étude de la force musculaire ne porte que sur son aspect cinétique. Nous avons comparé le travail en force lente et le travail en contraction rapide ou en « détente ». L'ambiguité du terme, « détente » nous a obligé à en faire l'analyse. Les différentes épreuves tests que nous avons utilisées nous ont permis de différencier deux aspects de la détente : une « détente explosive » et une « détente avec accélération progressive ». Cette dernière forme qui s'oppose à la « détente explosive » fait intervenir un facteur non réductible à la vitesse, qui est **un facteur nerveux assurant le dosage dans le temps de la force musculaire mise en jeu.**

***

Nous avons rejeté les épreuves athlétiques comme moyen d'étude analytique des facteurs de la valeur motrice. Il nous est cependant possible d'utiliser les résultats de nos mesures par les tests « unifactoriels » pour calculer la saturation de certaines épreuves athlétiques en vitesse musculaire et en détente.

En fin d'entraînement, les saturations trouvées sont, en pourcentage

pour le lancer	T.M.	: 20 %
	détente	: 30 %
pour la course de 30 m. lancés	T.M.	: 20 %
	détente	: 42 %
pour le saut sportif	détente	: 32 %

Le T.S. n'a aucune corrélation avec le T.M. et sa valeur n'intervient pas dans la réussite en course de vitesse. Toutes les épreuves dites de détente sont en corrélation négative avec le T.S.

***

Nous avons esquissé une traduction physiologique des faits analysés par les méthodes factorielles, dans le but de nous échapper du verbalisme. Après un rappel sur les données actuellement apportées par l'électromyographie et une allusion au problème de la pluralité de structure et de fonction du muscle strié, l'étude de la relation force-vitesse nous a particulièrement retenu. Ce sont les travaux de WILKIE sur le triceps brachial étudié in-situ qui nous ont semblé convenir le mieux à l'interprétation de nos résultats. Cependant les conditions

expérimentales dans lesquelles s'est placé l'auteur sont telles qu'il a apprécié une forme de **« détente explosive »** caractérisée par un « overshoot » d'une amplitude maximum (apprécié au dynamographe) qui traduit une tendance à la simultanéité d'intégration des différentes unités motrices et muscles participant au mouvement. Cette forme de « détente » musculaire se caractérise par un fléchissement de la vitesse en finale, surtout pour des charges importantes. Cette dernière particularité nous incite à substituer dans certains mouvements à caractère sportif à cette forme de contraction cinétique rapide, une autre forme de détente que nous avons appelé « détente avec accélération progressive ». Dans ce deuxième type de détente le recrutement des unités motrices est organisé temporellement de telle sorte que le mouvement s'accélère du début à la fin, ceci entraîne une diminution de l'amplitude initiale de l'overshoot. L'utilisation d'un élan permettant de diminuer l'inertie de la masse à mouvoir est un facteur important de la réussite d'une telle forme de détente. C'est ce qui explique que les physiologistes préoccupés à juste titre par la précision des mesures et se plaçant dans des conditions expérimentales propres à éviter toutes compensations musculaires, n'ont pas étudié cette forme de détente par contre bien connue des sportifs.

*
**

La meilleure connaissance des facteurs de la motricité et de leur substrat physiologique doit permettre d'avoir une vue plus claire sur les buts que peut se proposer l'éducation physique et sur les moyens de les atteindre. L'utilisation de moyens de mesure simples sous forme de tests unifactoriels, permet de contrôler les résultats obtenus et de chiffrer les progrès des élèves. L'analyse des résultats d'un type d'entraînement en saut en hauteur nous a permis de suggérer comment la méthode factorielle que nous avons utilisée est susceptible d'être appliquée pratiquement.

BIBLIOGRAPHIE

1 — **La Valeur physique de l'homme et son estimation** (A. Thooris, P. Bellugue, P. R. Bize, L. Cavel, A. Cayla, Pr. Duvermoy, Ph. Encausse, Lartigue, D. Légrier, etc...), Baillière, éditeur 1951, article « Les Vocations et les deux trains des athlètes », par le docteur A. Thooris, p. 51 à 58.

2 — **W. H. SHELDON.** — Les variétés de la constitution physique de l'homme. Bibliothèque scientifique internationale - P.U.F. 1950.

3 — **Dr Jacques LECLERCQ.** — Le Contrôle médical de l'entraînement sportif. Monographie de l'Institut national des sports 1959.

4 — **G. HEBERT.** — L'Education Physique, virile et morale par la méthode naturelle - Vuibert éditeur.

5 — **G. HEBERT.** — Le Code de la Force - Vuibert éditeur.

6 — **Traité d'éducation physique** publié sous la direction de Marcel Labbé, secrétaire de rédaction Dr Bellin du Coteau - Gaston Doin et Cie éditeurs 1930.
Tome I : La Valorisation humaine, par le Dr Bellin du Coteau.

7 — **Médecin lieutenant-Colonel LARTIGUE.** — La détermination de la valeur physique dans l'armée. La valeur physique de l'homme et son estimation (op. cité).

8 — **VERNON.** — La Structure des aptitudes humaines (p. 131) bibliothèque scientifique internationale - P.U.F. 1952.

9 — **Professeur PATAY - J. VAN DEN DRIESSCHE** — sur un test discriminatif d'attention diffusée applicable aux conducteurs de véhicules rapides - Bulletin de la Société Scientifique de Bretagne. Tome XXX - p. 81 à 90 - 1955.

10 — **WOODWOORTH.** — Psychologie expériemntale - Tome I. Bibliothèque scientifique internationale - P.U.F. 1949.

11 — **René SUAUDEAU.** — Les méthodes nouvelles de l'éducation physique. Que Sais-je ? P.U.F. 1947.

12 — **HILL.** — A discussion on the thermodynamics of élasticity in biological tissues. Proc. Ray. Soc. London B. 139-464-497.

13 — **MARX.** — Recherches électromyographiques dans la contraction musculaire volontaire - Thèse Strasbourg 1949.

14 — **A. BOURGUIGNON.** — Sur la pluralité de structures et de fonctions du muscle strié. Revue Française d'études cliniques et biologiques, 1954 n° 7.

15 — **P. CHAILLEY-BERT.** — Le mouvement volontaire - J. B. Baillière et fils 1949.

16 — **D. R. WILKIE (1950).** — The relation beetween force ant velocity in human muscle - J. Physiol London 110 (249 - 280).

17 — **Xavier AUBERT (1956).** — Structure et physiologie du muscle strié - Association des physiologistes de langue française XXIV[e] réunion - Masson et Cie.

18 — **BOURGUIGNON, MARTY et SCHERRER (1958).** — Etude du travail musculaire et de la fatigue - Données dynamographiques - ournal de Physiologie - Tome 51 n° 1, p. 93 - 110.

19 — **TOURNAY et FESSARD.** — Analyse électro-myographique de quelques mouvements volontaires. Assoc. française avanc. des sciences 1945 (3).

20 — **TOURNAY et PAILLARD.** — Nouvelles recherches électromyographiques sur les synergies musculaires normales - Analyse polygraphique - Revue de neurologie 1952, p. 86.

21 — **DELMAS-MARSALET (1952).** — Exploration fonctionnelle du muscle strié humain - J. B. Baillière et fils éditeurs.

22 — **Le Muscle.** — Compte tenu de colloque tenu à Royaumont (1950) - L'Expansion Scientifique française éditeur.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction 3

PREMIERE PARTIE

DENOMBREMENT ET CLASSIFICATION DES FACTEURS DE LA VALEUR MOTRICE

Chapitre I : **Les différents moyens d'appréciation de la Valeur Motrice** . . 7

I - Les Mesures Biométriques.
II - Les Méthodes typologiques.
III - Les Epreuves de contrôle médico-physiologiques.
IV - Les Méthodes Cliniques d'Appréciation des Capacités motrices.
V - Les Méthodes psychotechniques.
VI - Les épreuves cotées utilisées en Education Physique.

Chapitre II : **L'Appréciation de la Valeur Physique par les épreuves athlétiques cotées** 13

I - Historique 13
II - Etat actuel de la question 15

Chapitre III : **But de notre travail et méthode employée** 17

I - Nos moyens d'étude. 17
II - Utilisation des résultats 18
III - Méthode de recherche utilisée 19

Chapitre IV : **Classement et Hiérarchisation des Facteurs de la Valeur Motrice** 20

I - Eléments effecteurs de la Conduite Motrice.
II - Les chaînons perceptif et associatif de la Conduite Motrice.

DEUXIEME PARTIE

ANALYSE EXPERIMENTALE DE CERTAINS FACTEURS DE LA VALEUR MOTRICE : FACTEUR VITESSE, FACTEUR FORCE

Chapitre I : **Le Facteur Vitesse** 27

A - Les Modalités de passation des épreuves 27

I - La Mesure des temps de réaction.
II - Le test du tapping.
III - La Course de Vitesse.

B - Les Deux Composantes musculaire et nerveuse de la Vitesse .. 35
I - Problème de l'unicité ou de la dualité.
II - Importance relative de ces deux facteurs.
III - Comparaison entre T.S. et T.D.

C - Quelle est la part qui revient aux deux aspects de la Vitesse dans les tests étudiés 40
I - Dans le Tapping.
II - Dans une course de Vitesse.

D - Conclusion sur le facteur Vitesse 48

Chapitre II : **Le Facteur Force Musculaire** 49

A - Observation sur deux aspects de la force musculaire 49

B - Moyens d'étude et objet de l'étude entreprise 50

C - Force musculaire et masse corporelle 51

D - Comparaison entre la Contraction lente et la Contraction en détente 33
I - Comparaison entre les deux épreuves de lever.
II - Force lente et force en détente dans l'épreuve du lancer de 6 Kg.
III - Dans les autres épreuves de lancer.

E - Rôle du facteur vitesse dans la force en détente 55
I - Rôle de la vitesse dans l'arraché.
II - Introduction de la Notion d'accélération.
III - Etude critique du terme de détente.

E - Un autre aspect de la Force : La détente dans les sauts en hauteur 57
I - Moyen d'étude.
II - Comparaison entre force cinétique dans l'arraché et force cinétique dans l'appel de saut.
III - Rôle de la vitesse dans la force en détente des membres inférieurs.

F - Temps simple et force en détente 62

G - Conclusion sur le facteur force 63

Chapitre III : **Interprétation des résultats de certaines épreuves athlétiques à partir des données précédentes** 64

A - Analyse du lancer de poids 64

B - Analyse du saut en hauteur 68

C - Analyse de la course de vitesse 70

D - Conclusion 72

TROISIEME PARTIE

INTERPRETATION DE NOS RESULTATS D'UN POINT DE VUE PHYSIOLOGIQUE

Chapitre I : **Rappel sur la Physiologie musculaire à la lumière des travaux récents** 75

I - Eléments élastiques, éléments contractiles du muscle 75

II - Données électromyographiques 75

III - Problème de la pluralité de structure et de fonction du muscle strié 77

Chapitre II : **Essai d'Interprétation de nos résultats** 79

I - La Contraction cinétique en force lente 79

II - La Contraction musculaire en « détente explosive » : la relation force-vitesse 80

III - Dynamographie dans les mouvements en « détente explosive ». 83

IV - L'électromyographie dans les mouvements en « détente explosive » 84

V - Le Fléchissement de la vitesse dans les mouvements en « détente explosive » 85

VI - Contraction musculaire en détente avec accélération progressive 88

QUATRIEME PARTIE

CONSEQUENCES DE L'ETUDE PRECEDENTE AU POINT DE VUE DE L'EDUCATION PHYSIQUE ET CONCLUSIONS GENERALES

— Dans le domaine de la conception générale en Education Physique . . 93

— Quelques applications pratiques des recherches précédentes 95

— Conclusions générales 98

Vu,
Le Président de Thèse
M. Le Professeur PATAY

Vu, le Doyen
M. Le Professeur A. LAMACHE

N° 1992/S/Mc
Vu et Permis d'imprimer
Rennes le 12 *Décembre* 1959
M. Le Recteur P. HENRY

IMPRIMERIE
A. LIORIT
DINARD